COMPTES RENDUS

HEBDOMADAIRES

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

PARIS. — IMPRIMERIE GAUTHIER-VILLARS, QUAI DES GRANDS-AUGUSTINS, 55.

COMPTES RENDUS

HEBDOMADAIRES

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES,

PUBLIÉS,

CONFORMÉMENT A UNE DÉCISION DE L'ACADÉMIE

EN DATE DU 13 JUILLET 1835,

PAR MM. LES SECRÉTAIRES PERPÉTUELS.

TOME DEUX-CENT-VINGT-CINQUIÈME.

JUILLET — DÉCEMBRE **1947**.

PARIS,

GAUTHIER-VILLARS, IMPRIMEUR-LIBRAIRE

DES COMPTES RENDUS DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES,

Quai des Grands-Augustins, 55.

—

1947

COMPTES RENDUS
DES SÉANCES
DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 7 JUILLET 1947.

PRÉSIDENCE DE M. Louis BLARINGHEM.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Ministre de l'Education Nationale** adresse ampliation des décrets, en date du 23 juin 1947, portant approbation des élections que l'Académie a faites de MM. **Godfrey Harold Hardy** et **Albert Francis Blakeslee**, pour occuper les places d'Associés étrangers, vacantes par le décès de MM. *Thomas Hunt Morgan* et *Simon Flexner*.

Il est donné lecture de ces décrets.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à M. **Raphael Salem**, Professeur au « Massachusetts Institute of Technology » qui assiste à la séance.

M. le **Président** informe l'Académie qu'à l'occasion de la Fête Nationale, la prochaine séance hebdomadaire aura lieu le mercredi 16 juillet au lieu du lundi 14.

M. le **Président** rendant compte de sa mission au deuxième centenaire de *Princeton University*, s'exprime en ces termes :

Le 1er janvier 1946, MM. Harold W. Doods, Président, Walter E. Hope, chef du Comité Board of Trustees, Robert K. Root, Doyen de la Faculté de *Princeton University* (New Jersey), annonçaient, dans une adresse aux Institutions d'Enseignement supérieur du monde entier, que l'année scolaire 1946-1947, celle du *Bicentennial* était une étape décisive dans l'Histoire.

« Depuis les jours de Witherspoon et Madison, Princeton University s'est attaché aux idéaux de liberté de pensée et de noble ardeur. En 1896, en célébrant notre cent-cinquantième anniversaire, la voix de l'un des illustres fils de Princeton, Woodrow Wilson, donna le sens profond du devoir national dans la phrase « Princeton au Service de la Nation ». A l'aube de ce troisième centenaire, Princeton University renouvelle son attachement aux mêmes idéaux.

« Princeton propose, en consultant tous les intellectuels du monde, d'appliquer notre savoir commun, nos connaissances particulières, notre sagesse à l'examen renouvelé des obligations fondamentales du Haut Enseignement vis-à-vis de la Société humaine, espérant contribuer ainsi au développement progressif de l'accord entre toutes les nations et à la construction d'un monde libre et pacifique. »

Plus de 450 Institutions ont adhéré à cet appel; leurs délégués, plus de 250 des États-Unis d'Amérique, 153 des Nations étrangères ont défilé en grand apparat, à deux reprises et sous un ciel radieux, dans les cours et les places publiques de Princeton. En ordre sur deux rangs, ils ont pris place dans la salle, où, à l'appel de leur qualité et de leur nom, ils ont déposé l'adresse de leur Compagnie. La France, avec 17 délégués, y fut chaleureusement acclamée et l'uniforme de l'Institut cent fois photographié.

Le 17 juin, c'est l'adresse du Président de l'Université, la présentation au Président Truman des élus au degré de Docteur honoraire et l'investiture aux couleurs du grade : M. Ben Morell, ès ingénieur, Amiral au cours de la récente guerre, 8 docteurs ès sciences dont notre confrère Walter Sydney Adams, vice-président de l' « International Astronomical Union », le chimiste Wendell Meredith Stanley, prix Nobel (1946), le microbiologiste Selman Abraham Waksman, depuis 1937 correspondant de notre Section d'Économie rurale, enfin, gradué en droit, notre confrère le Cardinal Eugène Tisserant.

A Princeton, au cours de l'année scolaire, des conférences mensuelles montrent, par leurs titres, la diversité des enseignements et des préoccupations : Avenir de la science nucléaire, Chimie et physiologie de la croissance, Technologie et progrès de l'art de l'ingénieur, Évolution des institutions sociales en Amérique, Développement de la société internationale, Traditions humanitaires contemporaines. L'Université et ses responsabilités dans l'organisation du monde (discussion d'un thème préparé par Son Excellence Henri Bonnet), l'Éducation universitaire et le service public sont les sujets repris avec le Rôle des non gradués dans la vie universitaire, dans l'Examen des responsabilités de l'éducation secondaire; ils s'intercalent dans des études sur les mathématiques, sur la génétique, y compris la paléontologie et l'évolution.

Une même discipline philosophique, une même activité scientifique, surtout pratique, animent les élèves et les maîtres dans la recherche de solutions aux problèmes actuels.

La nature en fête, ou le devoir tracé, les deux, certes, ont conquis les délégués étrangers qui, sans transition, ont fait partie de cette grande famille, de cette noble Université qui est le moteur bien réglé de l'activité intellectuelle des Etats-Unis ; n'y entre pas qui n'est pas digne d'y vivre, et les exclusions pour fautes légères sont à craindre. Mais aussi quel changement en vingt-cinq années ! Je m'y trouvais à Pâques 1919, en mission de l'Université de Paris, et j'ai retrouvé en bonne santé le Professeur de génétique et de botanique, M. Géo Harrison Shull qui y cultivait en masse les Œnothères de Hugo de Vries et mes Bourses à Pasteur à bonnet d'évêque. A 6^{km} du Campus, M^{me} René Léon et M. le Commissaire m'offraient une hospitalité qui me permit d'étudier leurs réussites horticoles et ménagères, de visiter une ferme modèle, d'examiner le bétail et les volailles de race, de noter les applications des découvertes les plus récentes pour la conservation du lait et des légumes.

A New York, une réception brillante du Conseiller culturel près l'Ambassade de France, M. Claude Lévi-Strauss, des services, inappréciables pour le retour, de notre Consul M. Chancel, une longue conversation et le panorama de New York la nuit chez notre confrère M. James Hazen Hyde, m'ont été offerts. Ces hautes personnalités ont acquis des droits imprescriptibles à la reconnaissance et à la collaboration active de votre délégué.

M. **Caullery** s'exprime en ces termes :

La Conférence internationale pour la protection de la Nature, à laquelle avaient été délégués par l'Académie MM. R. Heim, Ph. Guinier et moi-même, a eu lieu à Brunnen (Suisse), du 28 juin au 3 juillet. Cette conférence réunissait des délégations de nombreux pays et elle a donné lieu à des discussions étendues et approfondies.

Elle a abouti à des résultats concrets et importants, en rédigeant et adoptant à l'unanimité une Constitution pour une *Union internationale pour la protection de la Nature*. La Ligue Suisse pour la protection de la Nature est chargée de transmettre ce texte à l'UNESCO, qui, à son tour, le soumettra aux divers gouvernements et convoquera à Paris, en juillet 1948, un Congrès international, habilité pour donner à la Constitution adoptée à Brunnen un caractère définitif.

La Conférence a été suivie d'une excursion au Parc National suisse, situé dans la haute montagne, sur la rive droite de la vallée de l'Inn. La délégation ne saurait assez remercier la Ligue Suisse pour la protection de la Nature de la cordialité qui lui a été témoignée dans cette réunion.

Notice nécrologique sur Henri Vallée (1874-1947), par M. Emmanuel Leclainche.

Henri Vallée est né à Dijon, le 16 juin 1874.

A sa sortie du Lycée, le baccalauréat obtenu, il décida d'entrer à l'École

d'Alfort, sans vocation marquée, et sans doute en raison des facilités d'obtention d'une bourse d'études.

Il interrompt sa scolarité pour effectuer le service militaire requis et il est incorporé dans le Régiment d'Infanterie de Dijon. C'est là qu'il est l'innocente victime d'un pénible accident. Atteint d'une fièvre scarlatine grave, avec des signes évidents de néphrite, il n'est pas reconnu malade par un médecin ignorant et brutal qui le contraint à un exercice en campagne en plein hiver. C'est par miracle qu'il échappe à la mort; mais sa santé est définitivement compromise.

Vallée sort de l'École d'Alfort le premier de sa promotion, en 1897. Les lourds programmes d'un enseignement professionnel ne correspondent nullement aux goûts littéraires et artistiques du jeune étudiant. Il ne peut consacrer que de trop courts instants à la musique qui restera la grande passion de sa vie. Il ne s'intéresse vraiment à ses études que vers la fin de sa scolarité lorsqu'il trouve, en la personne de Nocard, un maître qui le séduit par l'intelligence et l'élévation de son enseignement; Nocard a discerné bien vite la valeur de son élève. Aucun poste n'est vacant dans le cadre enseignant; il le conserve donc près de lui au titre d'assistant bénévole et il ne s'en sépare que pour l'envoyer à Toulouse où j'eus la chance de l'accueillir.

Les quelques années passées à Toulouse comptent sans doute parmi les meilleures de sa vie. Il y est cordialement reçu, et il séduit tous ceux qui l'approchent par ses qualités de cœur et d'esprit. C'est là qu'il fonde une famille et une vie heureuse paraît s'ouvrir devant lui.

Cependant, Vallée n'a pas oublié les liens qui l'attachent à son premier maître. En 1901, une place devient vacante à Alfort. Vallée estime que son devoir l'y appelle. Il quitte Toulouse, non sans peine. Il y a bien travaillé, et il sait combien son départ y est regretté.

Vallée retrouve à Alfort de puissants moyens de travail, mais aussi un esprit bien différent. Nocard a le grand tort d'être très supérieur à ceux qui l'entourent, et c'est là un crime qu'on ne pardonne guère en notre pays de France. Vallée devait d'ailleurs connaître le même destin.

En 1903, Nocard meurt prématurément, et Vallée hérite de sa chaire après un concours très brillant. S'il a perdu à la fois un maître et un ami, il retrouve l'un et l'autre en la personne d'Émile Roux, et c'est dès lors au grand Pastorien qu'il se consacre. Il fréquente assidûment la maison de Pasteur et, jusqu'à la fin de sa vie, il conservera pieusement le souvenir ému de ce qu'elle était en ces temps heureux.

Vallée recueille sans défaillance le lourd héritage d'un maître éminent. Il se révèle aussitôt comme un magnifique enseignant et un brillant expérimentateur.

En 1911, la direction de l'École d'Alfort devient vacante; la notoriété de Vallée l'impose au choix du Gouvernement et il accepte cette charge nouvelle avec l'espoir, ou l'illusion, de réaliser des réformes dont il a pu apprécier la nécessité et l'urgence. Après neuf ans d'efforts, il abandonne cette tâche ingrate

et, en 1920, il prend la direction du Laboratoire de Recherches qui vient d'être créé. L'École perd un professeur d'une valeur inestimable, mais au moins le savant va être à même de poursuivre ses recherches, et il réalisera dans sa situation nouvelle une série de remarquables travaux.

Neuf années plus tard, Vallée, malgré l'expérience du passé, cède à nouveau au devoir qui incombe au technicien de diriger l'application des méthodes nouvelles de la prophylaxie, et il accepte une direction administrative au Ministère de l'Agriculture.

Cette fois encore, ses généreuses intentions sont méconnues, et il doit reconnaître l'impossibilité de réaliser le programme qu'il s'était fixé. Il lutte pendant quatre années et, en un jour fatal de l'année 1933, il est frappé d'un mal qui le contraint à un repos définitif.

Ce fut ensuite la lente et inexorable progression d'une maladie qui respecte, et l'on ne sait si l'on ne doit pas le déplorer, l'intégrité de sa belle intelligence. Son long martyre n'est adouci que par l'infini dévouement d'une compagne admirable.

Vallée est mort à Dijon le 12 mars 1947.

L'œuvre scientifique de Vallée est considérable et elle intéresse à la fois l'économie rurale et la pathologie générale.

Il constate, avec moi, que la bactérie de Chauveau élabore une toxine spéciale et que, sous certaines conditions, il est possible d'obtenir un sérum à la fois anti-microbien et anti-toxique, nettement préventif et même curatif.

L'étude de la toxine lui montre qu'il est possible d'obtenir l'immunisation avec des vaccins dépourvus de toute virulence par une simple addition de formol à la culture. C'est ce procédé qui sera appliqué plus tard, avec un succès retentissant, à la préparation du vaccin contre la fièvre aphteuse. Il montre que la supercentrifugation aboutit au même résultat en éliminant la totalité des corps microbiens. Ce procédé est désormais classique et il est généralisé dans la pratique des laboratoires.

Vallée a consacré à la tuberculose une grande part de ses recherches. Sa théorie de la prémunition de la tuberculose le conduit à l'essai des vaccins en excipient irrésorbable et à une théorie de l'immunité locale dans la tuberculose.

D'autres études concernent le mode d'action et l'utilisation de la tuberculine dans le diagnostic de l'infection tuberculeuse, le traitement spécifique des plaies par la sérothérapie, et notamment celui des plaies de guerre, l'anatoxinothérapie des infections staphylococciques, le diagnostic histologique de la rage, la détection des anti-corps albumineux, etc.

Les travaux de Vallée sur l'anémie infectieuse du Cheval font connaître une redoutable maladie et préparent la voie à une prophylaxie efficace.

Le laboratoire d'Alfort devait étudier spécialement la fièvre aphteuse. Avec la collaboration d'Henri Carré, Vallée obtient des résultats considérables. Il apporte une notion entièrement nouvelle et fondamentale, celle de la pluralité

des virus aphteux et de leur indépendance immunologique; c'est là un fait essentiel au double point de vue de la police sanitaire et de la vaccination.

Enfin, ses patientes recherches sur l'immunisation passive et active, qu'il n'eut d'ailleurs pas le temps d'achever, ouvrent des voies nouvelles et sont à l'origine de plusieurs des acquisitions déjà obtenues dans ce domaine.

Sa notoriété dépasse largement les limites de son pays. Les savants étrangers visitent son laboratoire et lui envoient leurs élèves; on sollicite de partout ses avis et plusieurs gouvernements lui confient d'importantes missions. En même temps, les sociétés scientifiques du monde entier l'accueillent avec empressement.

Telles sont, rapidement esquissées, la vie d'un homme hautement estimable et l'œuvre, aussi originale que féconde, d'un véritable savant.

GÉODÉSIE. — *Déterminations de la pesanteur dans le Nord et le Centre de la France.* Note de M. **Pierre Lejay.**

Station.	Longitude Est Greenwich.	Lat.	Alt.	Date.	g.	g_0.	g''_0.	γ'_0.	$g_0-\gamma'_0$.	$g''_0-\gamma'_0$.
	° ′	° ′	mètres	1946	gals	gals	gals	gals	mgals	mgals
Bagneux	–	–	–	–	980,932	–	–	–	–	–
Breteuil	2.17,7	49.38,2	87	21 août	981,013	981,040	981,030	981,046	— 6	—16
Essertaux	2.14,4	49.44,4	147	21 »	,010	,055	,039	,055	0	—16
Amiens	2.18,1	49.53,7	31	21 »	,047	,057	,053	,069	—12	—16
Albert	2.41,1	50. 0,2	65	22 »	,046	,066	,059	,079	—12	—20
Doullens	2.20,7	50. 9,3	58	22 »	,055	,073	,066	,092	—19	—26
Hesdins	2. 2,4	50.22,6	26	22 »	,088	,096	,093	,112	—16	—19
Maisoncelle-Fruges	2. 2,4	50.31,6	186	22 »	,072	,129	,108	,125	+ 4	—17
Montreuil	1.45,7	50.28,0	49	22 »	,095	,110	,104	,120	—10	—16
Le Touquet	1.35,3	50.31,6	5	23 »	,117	,119	,118	,125	— 6	— 7
Boulogne	1.36,8	50.43,6	53	23 »	,124	,141	,135	,143	— 2	— 8
Audresselles	1.35,4	50.49,5	11	25 »	,140	,143	,142	,152	— 8	—10
Gris-Nez	1.35,0	50.52,2	43	25 »	,135	,148	,143	,156	— 7	—12
Calais	1.51,3	50.57,2	8	26 »	,140	,143	,142	,163	—20	—21
Gravelines	2. 7,3	50.58,8	4	26 »	,145	,147	,146	,166	—19	—19
Nordausques	2. 5,0	50.49,1	24	26 »	,130	,137	,134	,151	—13	—16
St-Omer	2.15,2	50.44,9	21	26 »	,124	,131	,128	,145	—14	—16
Hazebrouck	2.32,3	50.43,4	26	26 »	,127	,135	,132	,143	— 8	—11
Armentières	2.53,1	50.41,3	19	27 »	,134	,140	,138	,140	0	— 2
La Bassée	2.48,3	50.31,9	28,5	27 »	,109	,118	,114	,126	— 8	—11
Arras	2.47,0	50.20,6	100	27 »	,062	,093	,081	,109	—16	—27
Bapaume	2.50,9	50. 6,7	126	27 »	,035	,074	,059	,088	—14	—29
Cambrai-Awoingt	3.17,2	50. 9,7	96	27 »	,048	,078	,067	,092	—14	—25
Locquignol	3.42,6	50.12,2	156	28 »	,048	,096	,079	,097	0	—18
Maretz	3.25,2	50. 2,8	139	28 »	,033	,076	,060	,083	— 7	—23
Heudicourt	3. 5,7	50. 1,6	115	28 »	,037	,072	,059	,081	— 8	—21
Harbonnières	2.40,5	49.52,4	98	28 »	,027	,057	,046	,067	—10	—21
Roye	2.48,6	49.41,6	86,6	28 »	,018	,044	,035	,051	— 7	—16
La Fère	3.22,9	49.39,7	54	29 »	,029	,046	,040	,048	— 2	— 8
Laon	3.37,5	49.34,1	98	29 »	,001	,031	,020	,040	— 8	—20
Soissons	3.19,6	49.22,6	57,4	29 »	980,993	,011	,004	,023	—11	—18
Oulchy-le-Château	3.22,3	49.12,3	116	29 »	,961	980,997	980,984	,007	—10	—23
Bagneux	–	–	–	30 »	,932	–	–	–	–	–
Ecouen	2.23,1	49. 0,9	138	4 sept.	980,927	980,969	980,954	980,991	—20	—36
Chantilly	2.28,0	49.11,9	41	4 »	,968	,981	,976	981,007	—25	—30
Clermont	2.24,8	49.23,6	54	4 »	,987	981,004	,998	,024	—20	—26

Station.	Longitude Est Greenwich.	Lat.	Alt.	Date.	g.	g_0.	g''_0.	γ'_0.	$g_0-\gamma'_0$.	$g''_0-\gamma'_0$.
	° ′	° ′	mètres	1946	gals	gals	gals	gals	mgals	mgals
St-Just-en-Chaussée	2.26.0	49.30.4	106	4 sept.	980,991	981,023	981,011	981,034	—11	—23
Lataule	2.40,8	49.32,2	124	4 »	,997	,036	,022	,037	+ 1	—15
Compiègne	2.49,8	49.25,2	43	5 »	,999	,013	,008	,027	—14	—19
Couloisy	3. 2,0	49.24,1	40	5 »	,998	,010	,006	,025	—15	—19
Villers-Cotterets	3. 5,4	49.15,8	137	5 »	,967	,009	980,994	,013	— 3	—19
Crépy-en-Valois	2.53,2	49.14,4	99	5 »	,970	,001	,990	,011	—10	—21
Dammartin	2.40,6	49. 3,3	169,5	5 »	,921	980,973	,954	980,994	—21	—40
Vaujours	2.34,6	48.56,2	71	5 »	,937	,959	,951	,984	—25	—33
Bagneux	–	–	–	6 et 9 »	,932	–	–	–	–	–
Chéroy	3. 0,1	48.12,2	148	10 »	,869	,915	,898	,918	— 3	—20
Savigny	3. 5,7	48. 4,6	166	10 »	,847	,898	,880	,906	— 8	—26
St-Julien-du-Sault	3.17,5	48. 1,9	92	10 »	,866	,895	,884	,902	— 7	—18
Toucy	3.17,7	47.44,2	206	11 »	,818	,882	,859	,876	+ 6	—17
Vézelay	3.45,0	47.28,0	300	11 »	,751	,843	,809	,852	— 9	—42
Corbigny	3.41,2	47.15,5	202	11 »	,755	,818	,795	,833	—15	—38
Marcy	3.24,2	47.19,3	269	11 »	,749	,832	,801	,839	— 7	—37
Prémery	3.20,1	47.10,3	236	11 »	,751	,824	,797	,825	— 1	—28
Rouy	3.32,1	47. 1,6	252	12 »	,742	,820	,791	,812	+ 8	—20
Moulins	3.20,0	46.34,0	222	12 »	,706	,775	,750	,771	+ 4	—21
Clermont-Ferrand	–	–	–	12 »	,582	–	–	–	–	–
Montaigüe-en-Forez	3.48,2	46.16,2	406,6	13 »	,632	,758	,712	,744	+14	—32
Ciry	4.18,1	46.36,4	276	13 »	,705	,790	,759	,774	+16	—15
Mary-Mt-St-Vincent	4.28,5	46.37,0	514	13 »	,659	,817	,759	,775	+42	—16
Le Creusot	4.25,6	46.48,4	387	15 »	,695	,815	,771	,792	+22	—21
St-Gilles	4.39,8	46.52,7	238	17 »	,727	,801	,774	,799	+ 2	—25
Nuits-St-Georges	4.56,7	47. 8,4	244	17 »	,742	,816	,790	,822	— 6	—32
St-Jean-de-Bœuf	4.45,1	47.13,1	508	17 »	,694	,851	,793	,829	+22	—36
Vénarey-les-Laumes	4.26,5	47.32,2	253	19 »	,774	,852	,824	,858	— 6	—34
Rouvray	4. 7,6	47.26,0	375	19 »	,741	,857	,815	,849	+ 8	—34
Turcey	4.43,1	47.24,6	264	21 »	,740	,821	,791	,846	—25	—55
Dijon	5. 2,8	47.20,2	250	23 »	,757	,835	,806	,840	— 5	—33
Aignay-le-Duc	4.44,1	47.39,9	326	24 »	,769	,869	,832	,869	0	—37
Chatillon-sur-Seine	4.34,6	47.51,7	219	24 »	,813	,880	,856	,887	— 7	—31
Laignes	4.22,2	47.50,6	230	24 »	,800	,871	,845	,886	—15	—41
Nuits-sur-Armançon	4.12,9	47.43,8	191	24 »	,810	,869	,847	,875	— 6	—28
Tonnerre	3.58,4	47.51,3	178	24 »	,824	,879	,859	,887	— 7	—27
Auxerre	3.34,4	47.47,9	120	24 »	,843	,880	,866	,881	— 1	—15
St-Florentin	3.43,8	48. 0,1	126	25 »	,856	,895	,880	,900	— 5	—19
Chamoy	3.58,1	48. 7,7	163	25 »	,859	,909	,891	,911	— 2	—20
Chaource	4. 8,3	48. 3,5	150	25 »	,854	,901	,884	,905	— 4	—21
Troyes	4. 4,9	48.18,1	109	25 »	,883	,916	,904	,927	—10	—22
Villemaur-sur-Vanne	3.43,7	48.15,5	140	25 »	,873	.916	,900	,923	— 7	—22
Pont-sur-Yonne	3.10,2	48.17,5	62	26 »	,887	,906	,899	,926	—19	—26
Montereau	2.57,7	48.23,4	55	26 »	,902	,919	,913	,935	—16	—22
Melun	2.39,6	48.32,4	47	26 »	,913	,927	,922	,948	—20	—26
Bagneux	–	–	–	– »	,932	–	–	–	–	–
Mantes	1.43,3	48.59,5	31	15 octobre	980,960	980,970	980,966	,988	—18	—22
Vernon	1.29,1	49. 5,7	17	15 »	,972	,977	,975	,998	—20	—22
St-André-sur-l'Eure	1.16,4	48.54,4	144	15 »	,928	,972	,956	,981	— 8	—25
Houdan	1.36,1	48.47,3	110	15 »	,921	,955	,943	,970	—15	—27
Dreux	1.21,8	48.44,3	121	16 »	,918	,955	,941	,966	—10	—24
Chateauneuf	1.14,5	48.34,8	213	16 »	,890	,956	,932	,952	+ 4	—20
Chartres	1.29,3	48.26,8	157	16 »	,882	,930	,913	,940	— 9	—27
Illiers	1.14,7	48.17,9	158,5	16 »	,867	,915	,898	,926	—11	—28
Vendôme	1. 4,1	47.47,5	81	16 »	,851	,876	,867	,881	— 5	—14
Chateaudun	1.19,5	48. 4,3	139	17 »	,852	,895	,880	,906	—11	—26
Voves	1.37,8	48.16,3	148	17 »	,868	,913	,897	,924	—11	—27
Limours	2. 4,7	48.38,8	132	17 »	,897	,938	,923	,958	—20	—35
Bagneux	–	–	–	17 »	,932	–	–	–	–	–

PHYSIOLOGIE. — *Vie en apnée dans un milieu d'oxygène pur.* Note (1) de MM. **Léon Binet** et **Moïse-V. Strumza.**

Lors de la suspension des mouvements respiratoires, la mort est l'œuvre de la privation d'oxygène, de l'anoxie et non de l'accumulation de CO_2, c'est-à-dire de l'hypercapnie. En milieu d'oxygène pur, on note, lors de l'établissement de l'arrêt respiratoire, qu'à chaque volume d'oxygène dissous dans le plasma se substitue une quantité identique du même gaz qui remplit l'arbre aérien; l'anoxie est évitée et la *vie en apnée* est rendue possible pendant plusieurs heures.

Afin de réaliser un milieu d'oxygène, il est indispensable de chasser, non seulement tout l'azote de l'air alvéolaire, mais encore l'azote dissous dans le plasma et les divers tissus de l'organisme. Après cette dénitrogénation, la tension partielle de l'oxygène dans les alvéoles pulmonaires, de l'ordre de 670^{mm} de mercure, lors du début de l'apnée, se maintient longtemps élevée; l'accumulation du CO_2 ne l'abaissant que lentement. La dénitrogénation complète nécessite l'inhalation d'oxygène pur pendant plus de six heures. En une demi-heure, seul l'azote dissous dans le plasma est éliminé, la survie est néanmoins possible sans mouvements respiratoires si la trachée de l'animal reste en connexion avec le réservoir d'oxygène. Dans l'heure suivante, la moitié de l'azote fixé sur les tissus s'élimine à son tour; mais, même après six heures, la tension partielle de l'oxygène dans l'air alvéolaire reste supérieure à 280^{mm} de mercure.

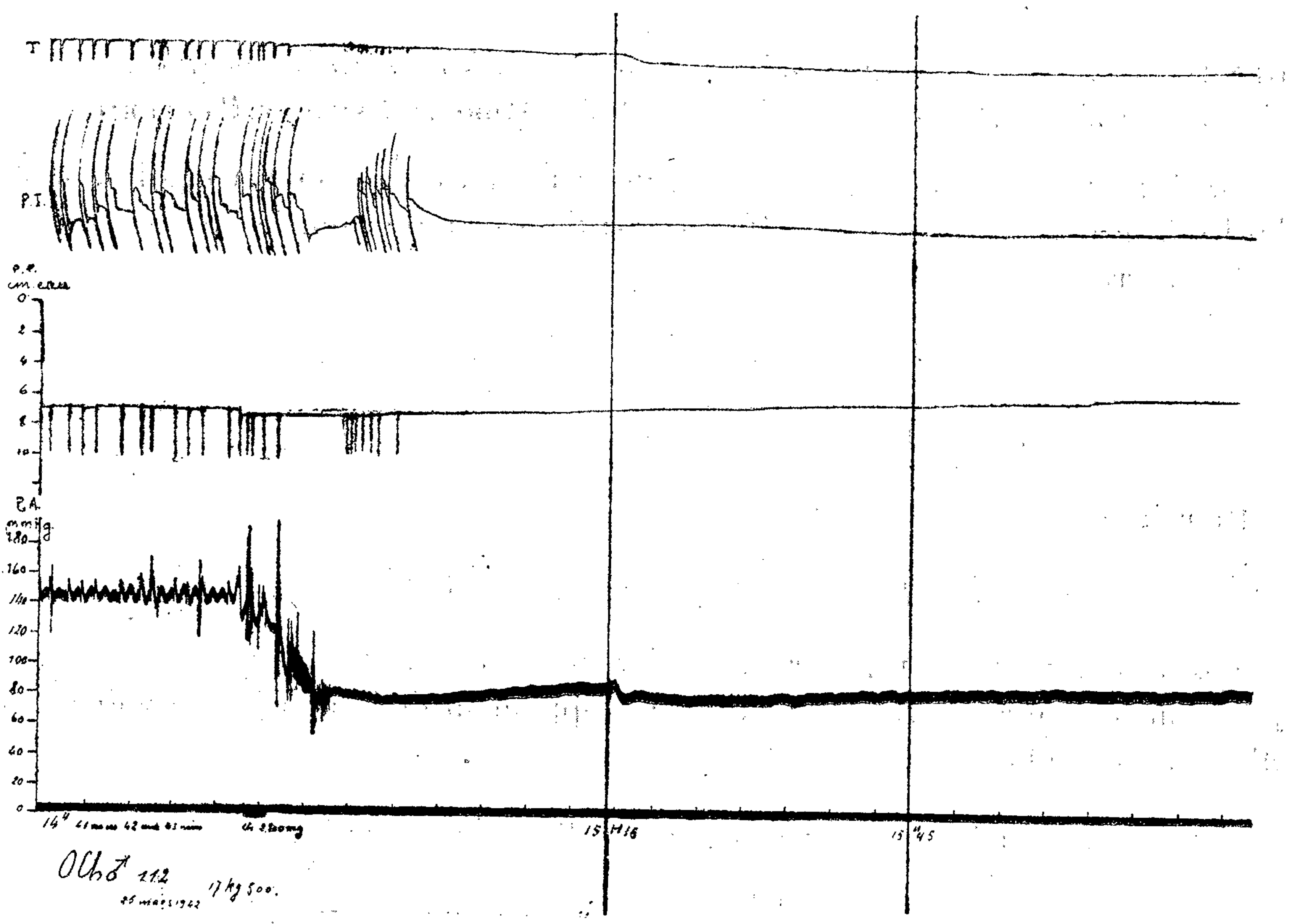
Nous avons maintenu en vie 180 chiens dont la respiration a été suspendue pendant deux heures, trois heures et plus encore. L'expérience est pratiquée sur des animaux anesthésiés au chloralose ou à l'éther. Après trachéotomie et à l'aide d'une double soupape à eau ou d'une soupape à deux valves, l'une inspiratrice et l'autre expiratrice, le chien inhale de l'oxygène pur pendant trente minutes au moins. L'immobilisation pulmonaire est alors provoquée, soit mécaniquement (tétanisation électrique, thoracotomie avec surpression intratrachéale), soit par l'atteinte du système nerveux central [anesthésiques à hautes doses (*fig.* 1), courant électrique traversant le bulbe, section bulbaire, etc.], soit par curarisation.

De multiples explorations sont effectuées : pneumographie, enregistrement de la pression intratrachéale, de la pression pleurale, de la tension artérielle, des pressions veineuses fémorale et jugulaire, de la pression du liquide céphalo-rachidien (par ponction sous-occipitale), oncographie rénale. La consommation d'oxygène et la production de CO_2 sont mesurées.

Un obstacle à la vie en apnée pourrait être à la longue l'accumulation de CO_2 dans l'organisme. Nous avons en effet noté chez 15 chiens les valeurs

(1) Séance du 30 juin 1947.

moyennes suivantes pour le CO_2 total plasmatique : au début de l'apnée 46,9 volumes de CO_2 % ; 20 minutes plus tard 55,8; en 60 minutes 73,7; en 2 heures 88,9. Cette hypercapnie ne va pas sans un abaissement du pH sanguin : des valeurs de 7 sont courantes et, dans les expériences prolongées



Chien de 17^{kg},500 chloralosé, respirant de l'oxygène depuis une demi-heure et mis en apnée par une nouvelle injection de 2^{g},5 de chloralose. L'inscription est prolongée pendant une heure et demie. *De haut en bas :* Pneumographie, pression intra-trachéale, pression pleurale en centimètres d'eau, pression artérielle en millimètres de mercure, zéro de la pression artérielle et temps en minutes.

plus de 2 heures, un pH de 6,8 a été observé. A son tour, l'équilibre chloré est sensible à l'abaissement du pH. Le rapport du chlore globulaire au chlore plasmatique passe en 2 heures de 0,55 à 0,75. Le taux du chlore globulaire s'élève jusqu'à 263^{mg} $^0/_{00}$.

On peut se demander si ces perturbations humorales sont compatibles avec une longue survie, mais, en pratique, la prolongation de l'expérience est empêchée par l'apparition de l'*atélectasie pulmonaire* avec ses réactions asphyxiques. L'expérience nous a appris que si l'on pratique alors une insufflation intratrachéale sous une pression de 15 à 20^{cm} d'eau, l'atélectasie cède, les phénomènes s'amendent et l'apnée reste à nouveau tolérée; nous n'avons toutefois pas eu l'occasion de dépasser une durée de 4 heures d'apnée.

Lorsque la cause déterminante de l'apnée est suspendue ou s'est dissipée, on note un retour rapide à la normale à la fois des mouvements respiratoires et du syndrome biologique.

Conclusions. — Ainsi des animaux anesthésiés dénitrogénés par l'oxygène et dont la trachée reste en connexion avec un réservoir d'oxygène, peuvent subir une *apnée* prolongée. La disparition de la cause de l'apnée amène le retour de la respiration normale.

GÉNÉTIQUE. — *Sur la répartition des produits d'un ensemble de fécondations avec croisements libres* (1). Note (2) de M. **Robert Esnault-Pelterie**.

Cas V : $\alpha = \beta = 0$; $\gamma \neq 0$. — Les deux homozygotes sont à égalité, seuls les hybrides sont favorisés ou défavorisés; nous examinerons les deux cas.

L'intégration conduit à

$$(33) \qquad t = \frac{1}{2\gamma}\left[\mathrm{Ln}\,\frac{\tau^2}{\tau_0^2} + \mathrm{Ln}\,\frac{2\tau_0^2 - 3\tau_0 + 1}{2\tau^2 - 3\tau + 1}\right]\cdots + \frac{3}{\gamma}\Big[\operatorname{arg\,coth}(3 - 4\tau) - \operatorname{arg\,coth}(3 - 4\tau_0)\Big] + \mathrm{Ln}\,\frac{1 - 2\tau_0}{1 - 2\tau} \qquad (^3);$$

cette relation peut aussi s'écrire

$$(33') \qquad t = \frac{1}{\gamma}\left[\mathrm{Ln}\,\frac{\tau}{\tau_0} - \mathrm{Ln}\,\frac{1 - \tau_0}{1 - \tau} + 2\,\mathrm{Ln}\,\frac{1 - 2\tau_0}{1 - 2\tau}\right] + \mathrm{Ln}\,\frac{1 - 2\tau_0}{1 - 2\tau}.$$

Cas V. a : Nous supposerons les hybrides favorisés, soit $\gamma = +0,001$, et partirons toujours de $\tau_0 = 0,001$; le développement de l'intrusion se voit sur le diagramme de la figure 6.

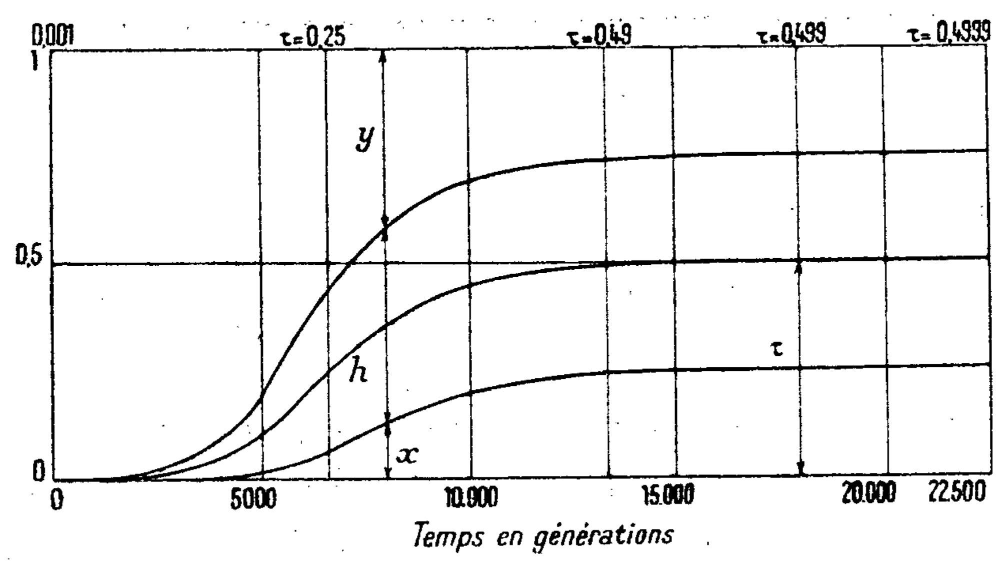


Fig. 6.

Le léger avantage biogénétique accordé aux hybrides *seuls* suffit à assurer un développement rapide de l'homozygote nouveau, *bien qu'il ne possède aucune*

---

(1) *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 179.

(2) Séance du 30 juin 1947.

(3) Nos différentes expressions ont été obtenues par intégration, or les fonctions $\arg \operatorname{th} x$ et $\arg \operatorname{coth} x$ ont même dérivée, la première correspondant à $|x|$ inférieur à l'unité, la seconde à $|x|$ supérieur à l'unité. Dans (29-30) (2), nous avions un argument inférieur à l'unité, nous avons donc pris $\arg \operatorname{th}$; dans (33), nous avons un argument supérieur à l'unité, il faut prendre $\arg \operatorname{coth}$.

supériorité intrinsèque. Naturellement le développement ne saurait dépasser $\tau = 1/2$ et, à ce moment, la répartition est mendélienne $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{4}$; cet état ne serait du reste atteint rigoureusement qu'au bout d'un temps illimité, la fin de la progression étant extrêmement lente.

Dans ce cas, cette répartition mendélienne finale se présente comme stable.

Cas V. b : Voyons maintenant ce qui adviendrait si, les deux homozygotes demeurant à égalité, les hybrides présentaient par rapport à eux une légère déficience vitale, et que survienne un écart accidentel par rapport à la répartition mendélienne ci-dessus, supposée préétablie; soit $\gamma = -0,001$, $\tau_0 = 0,4999$.

Le résultat obtenu étant symétrique du précédent, on se rendra compte de la marche du phénomène en lisant la figure 6 à rebours, c'est-à-dire de droite à gauche. L'écart par rapport à la distribution de Mendel initiale, d'abord insensible, n'est encore que de l'ordre de 1 % au bout de 9000 générations; il s'accentue ensuite rapidement et l'homozygote défavorisé disparaît pratiquement en 13000 générations de plus, soit 22000 en tout.

Remarquons toutefois que ce cas n'est, en fait, que théorique, car la fluctuation accidentelle initiale, du fait même qu'elle est accidentelle, n'aurait aucune probabilité de se perpétuer à travers les générations. Dans un tel cas, la distribution mendélienne est donc *pseudo-stable*. Mais l'égalité biogénétique *rigoureuse* des deux homozygotes doit être regardée comme une éventualité rarissime. Le cas le plus probable est certainement celui de l'inégalité, et celle-ci, même faible, provoquera un écart grandissant à partir de la distribution de Mendel initiale.

Dans ce cas d'inégalité biogénétique entre les homozygotes, l'écart à partir d'une distribution initiale mendélienne $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{4}$, est, au contraire, rapide : si l'un des homozygotes est seul favorisé à l'exclusion des hybrides, l'évolution affectera l'allure des courbes de la figure 4 (¹) à partir de l'ordonnée $\tau = 0,5$; si les hybrides sont également favorisés, elle affectera l'allure des courbes de la figure 3 (¹) à partir de l'ordonnée $\tau = 0,5$. Dans le premier cas, l'élimination sera pratiquement consommée en quelque 9000 générations; en 7000 seulement dans le second, *et ceci moyennant l'avantage minime de* 1/1000 *à chaque génération*. Si l'avantage était supérieur, les durées en seraient raccourcies proportionnellement.

La distribution de Mendel n'est donc stable que dans *un* cas très improbable; elle doit être considérée comme *normalement instable*.

Généralisation. — La forme des raisonnements présentés, qui a été choisie pour la clarté, pourrait faire croire qu'ils ne sont valables que pour une paire d'allèles; il n'en est rien.

Reportons-nous en effet à la formule générale

$$(a + b + c + \ldots + n)(a + b + c + \ldots + n) = 1 \quad (^1), \tag{3}$$

(¹) *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 1405.

et bloquons-y, sous une somme s ou *s*, tous les termes, sauf un de chacune des parenthèses; nous aurons par exemple

$$(34)\qquad (\mathrm{a}+\mathrm{s})(a+s)=1.$$

Cette écriture n'exprime rien d'autre que (3) sous une forme différente, qui est identique à celle de (4) ([1]); la seule différence est que le symbole m*m* comprendra, non seulement des homozygotes, mais encore tous les hybrides ne comportant pas A par exemple.

Du point de vue mathématique, l'équation (34) est justiciable de tous les raisonnements que nous avons effectués sur (4), et qui aboutiront aux mêmes résultats.

Si donc un homozygote, apparaissant à la suite d'une mutation brusque, présente un avantage biogénétique par rapport à tous les autres homozygotes présents, il les éliminera à la longue, *même si cet avantage est faible*, pourvu seulement qu'il soit durable.

Le paléontologiste aura ainsi sous les yeux l'image d'une évolution, rendue plus frappante encore par l'aspect progressif que pourra lui communiquer l'ensemble des fluctuations phénotypiques autour du génotype.

Cas de trois homozygotes en présence. — Nous aurons

$$(35\text{-}35')\qquad \mathrm{a}+\mathrm{b}+\mathrm{c}=1,\qquad a+b+c=1;$$

dans le cas d'une égale répartition pour les deux sexes, l'ensemble de fécondations *à affinités sexuelles égales* donnera

$$(36)\qquad (a+b+c)^2=a^2+b^2+c^2+2ab+2ac+2bc=1.$$

La constance de la somme des termes de chacune des équations (35-35′) permet l'utilisation d'une représentation graphique en usage pour les alliages ternaires au moyen d'un triangle équilatéral de hauteur égale à l'unité; ce procédé est assez connu pour ne pas requérir d'autre explication.

S'il y a inégalité des affinités sexuelles, le point figuratif se déplacera à chaque génération et l'on pourra suivre ainsi, sur le diagramme, la progression ou la régression de tel ou tel des homozygotes.

S'il y a inégale répartition entre les gamètes des deux sexes, il y aura un point figuratif pour chaque sexe.

M. **Horia Hulubei** fait hommage à l'Académie d'un Mémoire, écrit en collaboration avec M^lle^ **Yvette Cauchois**, et intitulé : *Constantes sélectionnées. Longueurs d'onde des émissions* X *et des discontinuités d'absorption* X.

M. **Selman A. Waksman** fait hommage à l'Académie d'un Ouvrage intitulé : *Microbial antagonisms and antibiotic substances.*

ÉLECTIONS.

Par la majorité absolue des suffrages, MM. **Hermann Weyl** et **George Polya** sont élus Correspondants pour la Section de Géométrie en remplacement de MM. *George Birkhoff*, décédé, et *Charles de La Vallée Poussin*, élu Associé étranger.

DÉSIGNATIONS.

L'**Association des Travailleurs scientifiques**, le **Syndicat de l'Enseignement supérieur et de la Recherche scientifique** et la **Fédération mondiale des Travailleurs scientifiques** invitent l'Académie à se faire représenter dans le Comité chargé d'organiser les manifestations qui auront lieu, le 19 octobre 1947, en l'honneur du dixième anniversaire de la mort de Lord Rutherford.

MM. **Maurice de Broglie** et **Frédéric Joliot** sont désignés.

CORRESPONDANCE.

M. **Cecil Henry Desch**, élu Correspondant pour la Section de Chimie, adresse ses remercîments à l'Académie.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Henri Muraour. *Que sais-je ? Poudres et Explosifs* (présenté par M. Lebeau).

2° Enrico Chatelanat. *Armonie universali.*

3° Giotto Dainelli. *Geologia del l'Africa orientale. Opera pubblicata col concorso del Consiglio Nazionale delle Ricerche.* Volumes I, II, III, IV.

ALGÈBRE. — *Sur une nouvelle méthode d'introduction des polynomes de Lucas.* Note de M. **André Herpin**, présentée par M. Jean Cabannes.

Considérons une matrice quelconque **F** à deux lignes et deux colonnes. On peut toujours l'écrire sous la forme d'une combinaison linéaire des trois matrices de Pauli σ_1, σ_2, σ_3 et de la matrice unitaire à deux lignes et deux colonnes

$$\mathbf{F} = A + B\sigma_1 + C\sigma_2 + D\sigma_3, \tag{1}$$

A, B, C, D étant des nombres. Le déterminant de cette matrice est

$$\Delta = A^2 - (B^2 + C^2 + D^2). \tag{2}$$

Cherchons l'expression de $\mathbf{F}^n$. Supposons que $\mathbf{F}^{n-1}$ soit de la forme

$$\mathbf{F}^{n-1} = \psi_{n-1}(A, \Delta) + \varphi_{n-1}(A, \Delta) B \sigma_1 + \varphi_{n-1}(A, \Delta) C \sigma_2 + \varphi_{n-1}(A, \Delta) D \sigma_3. \tag{3}$$

En multipliant cette expression par $\mathbf{F}$ et en tenant compte des relations d'anticommutation des matrices de Pauli, on trouve

$$\mathbf{F}^n = [A \psi_{n-1} + (B^2 + C^2 + D^2) \varphi_{n-1}] + (A \varphi_{n-1} + \psi_{n-1}) B \sigma_1 + (A \varphi_{n-1} + \psi_{n-1}) C \sigma_2 + (A \varphi_{n-1} + \psi_{n-1}) D \sigma_3,$$

c'est-à-dire

$$\mathbf{F}^n = \psi_n(A, \Delta) + \varphi_n(A, \Delta) B \sigma_1 + \varphi_n(A, \Delta) C \sigma_2 + \varphi_n(A, \Delta) D \sigma_3, \tag{4}$$

en posant

$$\psi_n = A \psi_{n-1} + (A^2 - \Delta) \varphi_{n-1}, \qquad \varphi_n = A \varphi_{n-1} + \psi_{n-1}. \tag{5}$$

L'expression (4) de $\mathbf{F}^n$, qui est exacte pour $n = 1$ est donc générale.

Une transformation simple permet de montrer que les fonctions ψ_n et φ_n satisfont à la même équation fonctionnelle

$$\begin{cases} \psi_{n+1} - 2 A \psi_n + \Delta \psi_{n-1} = 0, \\ \varphi_{n+1} - 2 A \varphi_n + \Delta \varphi_{n-1} = 0. \end{cases} \tag{6}$$

Ces relations montrent que φ_n et ψ_n sont des cas particuliers des polynomes de Lucas des arguments $p = 2A$ et $q = \Delta$. Les conditions initiales [$\psi_0 = 1$, $\varphi_0 = 0$, $\psi_1 = A$, $\varphi_1 = 1$] nous conduisent à poser

$$\psi_n = \frac{1}{2} V_n(2A, \Delta), \qquad \varphi_n = U_n(2A, \Delta), \tag{7}$$

V_n et U_n étant respectivement les fonctions primordiale et fondamentale de Lucas (¹). D'où la règle suivante :

Si l'on prend la puissance $n^{\text{ième}}$ d'une matrice $\mathbf{F}$ combinaison linéaire des matrices de Pauli, de déterminant Δ, le coefficient de la matrice unitaire étant A, la matrice obtenue est encore une combinaison linéaire des quatre mêmes matrices; le coefficient de la matrice unitaire est égal à la moitié de la fonction primordiale de Lucas d'ordre n et d'arguments $2A$ et Δ, celui d'une matrice σ_i est égal au coefficient de la même matrice dans $\mathbf{F}$ multiplié par la fonction fondamentale de Lucas de même ordre et de mêmes arguments.

Dans le cas particulier où $\Delta = 1$, les polynomes de Lucas sont remplacés par des polynomes à une seule variable appelés par MM. Aubert et Guillet polynomes électrosphériques (²).

Ce résultat nous permet d'expliquer la persistance avec laquelle M. Parodi retrouve les polynomes électrosphériques dans les problèmes de propagation les plus divers (³). M. L. Brillouin a montré (⁴) que du point de vue formel

---

(¹) LUCAS, *Théorie des nombres*, 1891.

(²) *Mémorial des Sciences physiques*, 38, 1942.

(³) *Mémorial des Sciences physiques*, 47, 1944.

(⁴) *Journal de Physique*, VII, 1936, p. 401.

les phénomènes de propagation pouvaient être rattachés au groupe unitaire unimodulaire dont les matrices de Pauli sont une représentation. Si nous cherchons à itérer un problème de propagation en considérant une « *ligne* » formée de n éléments semblables, nous aurons à envisager la puissance $n^{\text{ième}}$ d'une matrice telle que **F**, de déterminant égal à un, d'où l'apparition normale des polynomes électrosphériques.

THÉORIE DES GROUPES. — *Analyse harmonique dans les groupes centraux. I. Fonctions centrales et caractères.* Note [1] de M. **Roger Godement**, présentée par M. Élie Cartan.

1. *Notations et résultats préliminaires.* — Soit G un groupe topologique localement compact non nécessairement abélien. On désigne par dx la mesure de Haar invariante à gauche, L^1 l'espace des fonctions sommables sur G pour dx, normé par

$$\|f\|_1 = \int_G |f(x)|\,dx;$$

L^∞ le dual de L^1, c'est-à-dire l'espace des fonctions $\varphi(x)$ mesurables et essentiellement bornées sur G; on pose

$$\|\varphi\|_\infty = \operatorname*{Vrai\,max}_{x\in G} |\varphi(x)| \qquad \text{pour} \quad \varphi\in L^\infty;$$

$$(f, \varphi) = \int_G f(x)\overline{\varphi(x)}\,dx \qquad \text{pour} \quad f\in L^1,\ \varphi\in L^\infty;$$

$$f\star g(x) = \int_G f(xy)\,g(y^{-1})\,dy; \qquad \tilde{f}(x) = \overline{f(x^{-1})}.$$

On sait qu'on a

$$\|f\star g\|_1 \leq \|f\|_1 \|g\|_1 \qquad \text{pour} \quad f, g\in L^1;$$

en outre, $f\star\varphi$ est, pour $f\in L^1$ et $\varphi\in L^\infty$, *uniformément continue et bornée* sur G. On désignera encore par P l'ensemble des fonctions mesurables et de type positif sur G, par $\mathfrak{P}$ l'ensemble des $\varphi\in P$ qui sont *continues* sur G, par V et $\mathfrak{V}$ les enveloppes linéaires de P et $\mathfrak{P}$ respectivement; et l'on posera $P^1 = P\cap L^1$, $\mathfrak{P}^1 = \mathfrak{P}\cap L^1$, $V^1 = V\cap L^1$, $\mathfrak{V}^1 = \mathfrak{V}\cap L^1$. On sait [2] que $\mathfrak{P} = P\cap L^\infty$. On notera Z l'ensemble des fonctions $\varphi(x)$ mesurables sur G et *centrales*, c'est-à-dire vérifiant $\varphi(s^{-1}xs) = \varphi(x)$ presque partout en x pour chaque $s\in G$, et l'on posera $Z^1 = Z\cap L^1$, $Z^\infty = Z\cap L^\infty$: Z^1 n'est autre que le centre de l'algèbre normée L^1.

Dans le groupe $\mathfrak{A}$ des automorphismes continus de G, notés $x\to\sigma(x)$, on peut [3] introduire une topologie compatible avec la structure de groupe de $\mathfrak{A}$.

[1] Séance du 30 juin 1947.
[2] Gelfand-Raïkov, *Recueil math. de Moscou*, 13, 1943.
[3] J. Braconnier, *Comptes rendus*, 220, 1945, pp. 382-384.

On dira que G *est un groupe central si les automorphismes intérieurs* $(x \to s^{-1}xs)$ *de* G *appartiennent à un sous-groupe compact* (4) $\mathfrak{A}_0$ *de* $\mathfrak{A}$. En désignant par $d\sigma$ la mesure de Haar sur $\mathfrak{A}_0$, choisie de telle sorte que $\mathfrak{A}_0$ soit de volume 1, la formule

$$f^{\natural}(x) = \int_{\mathfrak{A}_0} f[\sigma(x)]\, d\sigma$$

définit une opération linéaire (5) (dont l'importance est bien connue dans le cas des groupes compacts) dans l'ensemble des fonctions f continues sur G; il est immédiat de constater que :

1° Si $f \in L^1$ est continue, on a $f^{\natural} \in L^1$ et $\|f^{\natural}\|_1 \leqq \|f\|_1$: d'où possibilité d'étendre l'application $f \to f^{\natural}$ *à tout* L^1; évidemment, on a $f^{\natural} \in Z^1$ pour $f \in L^1$, et comme $f^{\natural}(e) = f(e)$, on voit que *le centre* Z^1 de L^1 *n'est pas réduit à zéro* (6).

2° Si $\varphi \in L^\infty$ est continue, on a de même $\varphi^{\natural} \in Z^\infty$; comme d'autre part on a

$$(f, \varphi) = (f^{\natural}, \varphi) \qquad \text{pour } f \in L^1 \qquad \text{et} \qquad \varphi \in Z^\infty,$$

il en résulte la

Proposition 1. — Z^∞ *est isomorphe au dual de* Z^1 (pour un groupe *central*).

2. Soit $\mathfrak{T}_0$ l'ensemble des $\varphi \in \mathfrak{T}$ avec $\varphi(e) \leqq 1$; on sait (2) que $\mathfrak{T}_0$ est un sous-ensemble convexe et faiblement compact de L^∞, dont les points extrémaux non nuls (*fonctions élémentaires normées*) définissent des représentations unitaires irréductibles de G. De même, $\mathfrak{T}_0 \cap Z^\infty$ est convexe et faiblement compact; on appellera *caractère* de G tout point extrémal non nul de $\mathfrak{T}_0 \cap Z^\infty$.

THÉORÈME 1. — *Pour qu'une fonction* $\chi(x)$ *continue, centrale et de type positif soit un caractère de* G, *il faut et il suffit que* $\chi(e) = 1$ *et que, pour toute* $f \in Z^1$, *on ait*

$$f \star \chi(x) = \lambda \chi(x), \qquad \text{où} \quad \lambda = (f, \chi).$$

Pour tout $x \neq e$, *il existe un caractère* χ *vérifiant* $\chi(x) \neq \chi(e)$.

On notera $\hat{G}$ l'ensemble des caractères de G; $\hat{x}, \hat{y}, \ldots$, les éléments de $\hat{G}$, et $(x, \hat{x})$ la valeur en $x \in G$ du caractère $\hat{x} \in \hat{G}$.

THÉORÈME 2. — *Dans* L^∞, *l'ensemble* $\hat{G}_\infty$ *constitué par* $\hat{G}$ *et* O *est faiblement compact;* $\hat{G}$ *est donc localement compact pour la topologie faible de* L^∞; *pour qu'un* $\hat{x}$ *variable de* G *converge faiblement vers* $\hat{x}_0 \in \hat{G}$, *il faut et il suffit que la fonction* $(x, \hat{x})$ *converge uniformément sur toute partie compacte de* G, *vers* $(x, \hat{x}_0)$.

---

(4) En fait, $\mathfrak{A}_0$ désignera ici le *plus petit* sous-groupe compact en question, c'est-à-dire l'adhérence, dans $\mathfrak{A}$, de l'ensemble des automorphismes intérieurs. Il est immédiat que, sur un groupe central, les mesures de Haar à droite et à gauche coïncident.

(5) Ce procédé est déjà utilisé par I. E. SEGAL (*Trans. Am. Math. Soc.*, 61, 1947, pp. 69-105; en particulier, cf. Th. 1.7) dans le cas où G est le produit direct d'un groupe abélien par un groupe compact.

(6) Et même : le plus petit idéal fermé à droite de L^1 contenant Z^1 est tout L^1.

THÉORÈME 3. — *Toute fonction $\varphi(x)$ continue, centrale et de type positif est de la forme*

$$\varphi(x) = \int_{\hat{G}} (x, \hat{x})\, d\hat{\mu}_{\varphi}(\hat{x}),$$

où $\hat{\mu}_{\varphi}$ est une mesure de Radon sur $\hat{G}$, positive, de masse totale finie, et entièrement déterminée par φ.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la substitution d'une valeur exceptionnelle par une propriété lacunaire.* Note de M. **Ferran Sunyer i Balaguer**, présentée par M. Jacques Hadamard.

1. Nous donnerons dans cette Note des résultats, pour les fonctions entières d'ordre infini et pour les fonctions holomorphes dans un cercle, semblables à ceux que nous avons exposés dans une Note antérieure pour les fonctions entières d'ordre fini (1).

Pour les fonctions d'ordre infini nous emploierons les ordres de K. L. Hiong (2); avec ces ordres, et en représentant par $K(x)$ le plus grand des nombres K qui vérifient $l_k \leqq x$, on peut démontrer, en utilisant des résultats de Mandelbrojt (3), le théorème suivant.

THÉORÈME I. — *Soit*

$$F(z) = \sum_{k=0}^{\infty} \alpha_k z^{l_k}$$

une fonction entière d'ordre $W(r)$. Si

$$K(x) = O(x^{1-\beta}) \qquad (0 < \beta < 1)$$

et si $W_0(r)$, $W_1(r)$ et $W_2(z)$, ordres respectifs de $f_0(z)$, $f_1(z)$ et $f_2(z)$, sont tels que

$$W_0(r) < [W(r)]^{\theta'}, \qquad \left(\theta' < 1,\ \theta' < \frac{\beta}{1-\beta}\right),$$
$$W_j(r) < [W(r)]^{\theta_1}, \qquad (\theta_1 < 1,\ j = 1, 2, \ldots),$$

il est impossible que l'identité

$$f_0(z)\, F(z) - f_1(z) \equiv f_2(z)\, e^{\varphi(z)}$$

soit vérifiée pour aucune fonction entière $\varphi(z)$.

2. Dans les théorèmes de Schottky, de Landau, etc., l'hypothèse commune est l'existence de deux valeurs exceptionnelles; j'ai démontré qu'on peut, dans

(1) *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 1609.
(2) *Journ. de Math.*, 9e série, **14**, 1935, p. 298.
(3) *Transactions of the American Math. Society*, **55**, no 1, pp. 96-131.

la plupart de ces théorèmes, substituer à cette hypothèse une autre qui affirme seulement l'existence d'une seule valeur exceptionnelle, à condition qu'on suppose une propriété lacunaire de la série de Taylor qui représente la fonction. En particulier, nous avons démontré les quatre résultats suivants, qui, avec les notations de Nevanlinna et les antérieurs, peuvent s'énoncer comme suit.

THÉORÈME II. — *Soit*

$$F(z)=\sum_{K=0}^{\infty}\alpha_K z^{l_K}$$

une fonction holomorphe dans le cercle $|z|<1$. *Si les zéros et les* l_K *vérifient les conditions*

$$n\left(r, \frac{1}{F}\right)<qr\left(\frac{1}{1-r}\right), \qquad K(X)<BX^{1-\beta} \qquad (0<\beta<1),$$

alors, quel que soit $\rho>\max[(2/\beta), \lambda]$, *il existe une constante* $r(q, \lambda, B, \beta, \rho)$ *telle que, pour* $r\geqq r(q, \lambda, B, \beta, \rho)$, *l'inégalité*

$$\log M(r, F)<\left(\frac{e^h}{1-r}\right)^\rho-\log\frac{e^e}{|F(0)|}$$

soit vérifiée, où $h=7(2\rho+\beta\rho-2)/(\beta\rho-2)$.

THÉORÈME III. — *Soit une famille de fonctions* $f(z)$ *holomorphes dans le cercle* $|z|<1$. *Si toutes ces fonctions vérifient les deux conditions*

$$n\left(r, \frac{1}{f}\right)<qr\left(\frac{1}{1-r}\right)^\lambda, \qquad K(X)<BX^{1-\beta} \qquad (0<\beta<1),$$

q, λ, B *et* β *étant égales pour toutes les fonctions de la famille, cette famille est quasi normale.*

Si, en plus, on suppose que les $|f(0)|$ sont également bornées, la famille est normale. Elle sera de même normale si l'on suppose que $n(r, 1/f)\equiv 0$.

THÉORÈME IV. — *Soit une famille de fonctions* $f(z)$ *holomorphes dans le cercle* $|z|<1$ *et telle que chaque fonction possède une propriété* D *qui ne permet pas à la famille d'avoir des constantes parmi ses fonctions limites. Si,* B *et* β *étant égales pour toute la famille, les* l_K *de chaque fonction vérifient*

$$K(X)<BX^{1-\beta} \qquad (0<\beta<1),$$

il existe un cercle d, centré à l'origine, dont le rayon dépend uniquement de D, *de* B *et de* β *tel que toute fonction de la famille prend toute valeur* Y *pourvu que* $Y-f(0)$ *soit intérieur au cercle d.*

THÉORÈME V. — *Soit*

$$F(z)=\sum_{k=0}^{\infty}a_k z^{l_K} \qquad (a_1\neq 0)$$

une fonction holomorphe dans le cercle $|z| < R$. *Si*

$$n\left(r, \frac{1}{F}\right) < q\frac{r}{R}\left(\frac{R}{R-r}\right)^{\lambda}, \quad K(X) < BX^{1-\beta} \quad (0 < \beta < 1),$$

R *doit être inférieur à une constante* $R_0(a_0, a_1, l_1, q, \lambda, B, \beta)$.

Quelques résultats de ma Note antérieure et de cette Note peuvent s'étendre aux fonctions méromorphes, comme je pense le démontrer dans un autre recueil.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Une généralisation du développement de Taylor.* Note [1] de M. **André Roussel**, présentée par M. Élie Cartan.

Soit $g(x, h)$ une fonction des deux variables complexes x et h, holomorphe à l'intérieur de deux cercles C et C′ de rayons respectifs R et R′ et sur ces cercles eux-mêmes, tracés, le premier dans le plan complexe (x) avec le point d'affixe a comme centre, le second dans le plan complexe (h) avec le point d'affixe zéro comme centre. On suppose en outre que g s'annule avec h. Considérons le développement, indéfini dans les deux sens,

$$(1) \qquad \sum_{m=1}^{m=\infty} g_{-m}(x, h) + g(x, h) + \sum_{n=1}^{\infty} g_n(x, h),$$

déterminé de la façon suivante :

1° On passe de $g(x, h)$ à $g_1(x, h)$ en dérivant $g(x, h)$ par rapport à x et en intégrant par rapport à h dans l'intervalle $(0, h)$, et, d'une façon générale, de $g_{n-1}(x, h)$ à $g_n(x, h)$ en dérivant $g_{n-1}(x, h)$ par rapport à x et en intégrant par rapport à h dans l'intervalle $(0, h)$.

2° On passe de $g(x, h)$ à $g_{-1}(x, h)$ en dérivant $g(x, h)$ par rapport à h et en intégrant par rapport à x dans l'intervalle (a, x), puis en retranchant de la fonction ainsi obtenue la valeur prise par celle-ci pour h nulle. D'une façon générale, on passe de $g_{-(m-1)}(x, h)$ à $g_{-m}(x, h)$ en dérivant $g_{-(m-1)}(x, h)$ par rapport à h, et en intégrant de a à x par rapport à x, puis en retranchant de la fonction ainsi obtenue la valeur prise par celle-ci pour h nulle.

On démontre alors que le développement (1) est convergent pour les valeurs de x et de h qui satisfont à la double inégalité

$$|x-a| + |h| < R \quad \text{et} \quad |x-a| + |h| < R'.$$

Sa somme est égale à

$$f(x+h) - f(x),$$

en posant

$$(2) \qquad f(x) = g(a, x-a) + \int_0^{x-a} g'_x(x-t, t)\, dt,$$

---

[1] Séance du 30 juin 1947.

la proposition précédente fournit une généralisation du développement de Taylor qu'on retrouve en faisant

$$g(x, h) = h\varphi'(x),$$

où $\varphi'(z)$ désigne la dérivée d'une fonction holomorphe $\varphi(z)$.

La démonstration de ce théorème repose sur la relation

$$g(x, h) = -\frac{1}{4\pi^2}\int_C dz \int_{C'} \frac{g(z, z')\, dz'}{(z'-h)(z-x)},$$

d'où l'on tire les expressions de $g_n(x, h)$ et de $g_{-m}(x, h)$, soient :

$$g_n(x, h) = -\frac{1}{4\pi^2}\int_0^h dv \int_C dz \int_{C'} \frac{ng(z, z')(h-v)^{n-1}\, dz'}{(z-x)^{n+1}(z'-v)}$$

et

$$g_{-m}(x, h) = -\frac{1}{4\pi^2}\int_a^x du \int_C dz \int_{C'} \frac{mg(z, z')(x-u)^{m-1}\, dz'}{(z-u)(z'-h)^{m+1}} + \frac{1}{4\pi^2}\int_a^x du \int_C dz \int_{C'} \frac{mg(z, z')(x-u)^{m-1}\, dz'}{(z-u)z'^{m+1}}.$$

Les formules précédentes permettent de démontrer la convergence du développement (1) et d'en trouver la somme, $\psi(x, h)$, qui a pour expression

$$\psi(x, h) = g(x, h) + \int_0^h g'_x(x+h-v, v)\, dv + \int_a^x g'_h(u, x+h-u)\, du - \int_a^x g'_h(u, x-u)\, du.$$

On montre alors que $\psi(x, h)$ est égal à l'accroissement de la fonction définie par (2). Par exemple, on vérifie simplement que

$$\frac{\partial^2\psi}{\partial h^2} - \frac{\partial^2\psi}{\partial x\, \partial h} = 0,$$

ce qui prouve que ψ est un accroissement de fonction. Celle-ci est égale, à une constante additive près, à

$$\psi(a, x-a) = f(x).$$

On peut envisager, dans le domaine réel, des développements de la forme (1). Lorsque l'on considère des développements limités, on est conduit à une généralisation de la formule de Taylor que nous exposerons dans une autre Note.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Valeurs moyennes et transformation de Laplace.* Note [1] de M. **Jean-Marie Souriau**, présentée par M. Henri Villat.

On désigne par valeur moyenne de la fonction $g(x)$ dans l'intervalle O, x la quantité

$$\frac{1}{x}\int_0^x g(t)\,dt = \int_0^1 g(xt)\,dt.$$

Nous désignerons par valeur moyenne d'ordre α de la fonction $g(x)$ l'expression

$$g_\alpha(x) = \int_0^1 \alpha(1-t)^{\alpha-1} g(xt)\,dt.$$

Moyennant quelques conditions générales sur $g(x)$, on peut établir les propositions suivantes :

(1) $$g_{\alpha+\beta}(x) = \frac{\Gamma(\alpha+\beta+1)}{\Gamma(\alpha+1)\Gamma(\beta)}\int_0^1 t^\alpha(1-t)^{\beta-1} g_\alpha(xt)\,dt$$

pour

$$R(\alpha) > 0, \qquad R(\beta) > 0.$$

(2) Si $g(x)$ tend vers une limite g_0, $g_\alpha(x)$ tend vers g_0 si $R(\alpha) > 0$,

(3) Si $g_\alpha(x)$ tend vers g_0, $g_{\alpha+\beta}(x)$ tend vers g_0 si $R(\alpha) > 0$, $R(\beta) > 0$.

Appliquons ces notions à la transformation de Laplace. Soit H_k la classe des fonctions réelles ou complexes de la variable réelle x, nulles pour x négatif, sommables dans tout intervalle fini, et majorées par une exponentielle Ke^{kx}.

A toute fonction $f(x)$ de cette classe, correspond sa transformée de Laplace

$$F(z) = \int_{-\infty}^{+\infty} ze^{-zx} f(x)\,dx,$$

intégrale qui converge vers une fonction holomorphe dans le demi-plan

$$R(z) > k.$$

Cette transformation est inversée par la formule de Bromwich-Mellin

$$f(u) = \frac{1}{2i\pi}\int_{\lambda-i\infty}^{\lambda+i\infty} \frac{F(z)}{z} e^{uz}\,dz.$$

Malheureusement les conditions de convergence de cette intégrale sont assez capricieuses.

Nous allons la considérer comme limite de la fonction

$$\varphi(x) = \frac{1}{2i\pi}\int_{\lambda-ix}^{\lambda+ix} \frac{F(z)}{z} e^{uz}\,dz.$$

---

[1] Séance du 23 juin 1947.

λ étant $> k$, si la fonction $f(x)$ a une limite à droite et une limite à gauche pour $x = u$, $f(u+0)$ et $f(u-0)$; nous avons établi les propositions suivantes :

(4) $\varphi(x)$ tend en moyenne d'ordre 1 vers $(1/2)[f(u+0)+f(u-0)]$.

(5) Si l'intégrale de Bromwich-Mellin converge, sa somme est

$$\frac{1}{2}[f(u+0)+f(u-0)].$$

(6) Si $f(x)$ est réelle, la partie réelle de

$$\frac{x}{\pi}\int_0^1 (1-t)\frac{e^{uz}F(z)}{z}\,dt, \qquad \text{avec} \quad z = \lambda + ixt,$$

tend vers

$$\frac{1}{2}[f(u+0)+f(u-0)].$$

(7) La quantité $\psi(x) = (1/2)\left[e^{uz}F(z) + e^{u\bar{z}}F(\bar{z})\right]$, avec $z = \lambda + ix$, $\bar{z} = \lambda - ix$ tend en moyenne d'ordre 2 vers $f(u+0) - f(u-0)$.

On obtient ainsi des formules qui convergent moyennant des hypothèses très peu restrictives imposées à $f(x)$ seulement, qui permettent d'avoir non seulement les valeurs de la fonction, mais encore ses discontinuités de première espèce.

Les propositions (2) et (3) montrent que si les fonctions considérées convergent directement ou en moyenne d'ordre quelconque, leur somme est encore la quantité cherchée.

Dans le cas particulier où $f(x)$ est une fonction en escalier, $F(z)$ est la somme d'une série de Dirichlet générale; on peut obtenir directement les coefficients par une intégrale, et non la somme des n premiers coefficients comme dans la formule de Cahen. Ainsi la partie réelle de $e^{(\lambda+ix)\operatorname{Log} n}[\zeta(\lambda+ix)]^{\alpha}$, pour $\lambda > 1$, n entier, tend en moyenne d'ordre 2 vers la fonction arithmétique $\mu_{\alpha}(n)$ (²).

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur l'extension de la théorie des fonctions de Baire à une classe d'espaces topologiques non métriques.* Note (¹) de M. **Roger Paintandre**, présentée par M. Paul Montel.

1. Nous renvoyons pour les définitions et les résultats antérieurs à notre Note précédente (²). Nous ferons usage du théorème de Zorn, en suivant l'énoncé ci-après (³) : *Si une propriété* P *de sous-ensembles d'un ensemble* **X** *a le*

(²) Cf. J. M. Souriau, *Revue Scient.*, mai 1944, pp. 204-211.

(¹) Séance du 30 juin 1947.

(²) *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 1806.

(³) S. Lefschetz, *Algebraic Topology* (*Amer. Math. Soc. Colloq. Publ.*, **27**).

caractère fini (c'est-à-dire s'il est nécessaire et suffisant pour qu'elle soit vraie d'un ensemble qu'elle le soit de toutes ses parties finies), *il y a un sous-ensemble maximal de* X *possédant la propriété* P.

2. La théorie des fonctions de Baire est actuellement développée dans les espaces métriques. Or, elle ne peut s'étendre telle quelle à des espaces uniformes quelconques, même simples (produits compacts), comme le montre l'exemple suivant, où le théorème de Baire pour les fonctions de première classe est en défaut. Soit L le segment (0, 1) fermé; Y est le produit continu $\prod_u L_u$, où $L_u = L$, et où l'indice u prend les valeurs $0 \leqq u \leqq 1$. Un point de Y est encore une fonction y de L dans L, la valeur y_u correspondant à u étant la coordonnée de rang u. Soit f la fonction suivante de L dans Y : Pour tout $x \in L$, $f(x) = y(x)$ avec $y_u(x) = 0$ si $u \neq x$ et $y_u(u) = 1$. u étant fixe, $y_u(x)$ est une fonction numérique de première classe, et est donc limite de fonctions continues $y_u^n(x)$. Soit la suite de fonctions f_n, où $f_n(x) = y_n(x)$ dont les coordonnées sont les $y_u^n(x)$. Les f_n sont continues, f ne l'est en aucun point, et la suite f_n tend vers f (4). Soit Z un espace identique à Y. Pour tout $z \in Z$ et dont les coordonnées sont z_0, posons $F(z) = f(z_0)$, et $F_n(z) = f_n(z_0)$. La suite F_n de fonctions continues de Z dans Y converge vers F qui est totalement discontinue.

3. Dans ce qui suit, Y est un espace uniformément sphérique. Soit $\aleph_\alpha$ son caractère uniforme. X est uniformément sphérique, homogène et quasi compact-β. Son caractère $\aleph_\beta$ est supérieur ou égal à $\aleph_\alpha$. S est une suite transfinie de fonctions continues de X dans Y, de type d'ordre ω_γ avec $\gamma \leqq \alpha$, et qui converge pour tout x vers une fonction f. Nous démontrerons alors le théorème de Baire : *La restriction à tout fermé de* X *de la fonction f possède au moins un point de continuité.* Il résulte de notre Note citée (th. 2 et 7) qu'il suffit de démontrer l'existence de ce point pour la fonction sur X.

Nous recherchons les points de convergence uniforme de la suite S [méthode de H. Lebesgue (5)]. V étant un entourage symétrique fermé de Y, et E(V, I) l'ensemble des points de X tels que pour tout $i > I$ et tout $j > I$, $f_i(x)$ et $f_j(x)$ soient V-voisins, on a $\bigcup_I E(V, I) = X$; E(V, I) est fermé; les E(V, I) sont croissants. Si tous les E(V, I) étaient non denses, on pourrait construire des suites T_i d'ouverts G_I ayant les propriétés suivantes de caractère fini :

a. $G_I \cap E(V, I) = \emptyset$ et *b*. si $I > J$, $\overline{G_I} \subset G_J$. Il existe donc une suite transfinie de G_I satisfaisant à *a* et *b*, et de type d'ordre ω_γ (Zorn). Alors, d'après la quasi-compacité-β, il y aurait un point commun à tous les G_I et $\bigcup_I E(V, I) \neq X$.

(4) BOURBAKI, *Topologie générale*, Chap. I, § 8, p. 44 (Paris, 1940).

(5) *Leçons sur l'intégration* (Coll. Borel).

Il existe donc un E(V, I) d'intérieur non vide. En prenant les V d'une base d'entourage de type d'ordre ω_α, et avec une démonstration analogue, on montre l'existence d'un point commun à tous les intérieurs correspondants. Ce point est point de continuité pour f.

Lorsque les caractères de X, Y et S sont strictement inégaux, on peut obtenir des résultats plus particuliers :

Théorème 11. — *Si la puissance de* S *est strictement inférieure au caractère de* X, *toute limite de fonction continue est continue.*

Théorème 12. — *Si les caractères de* X *et* Y *sont différents, toute fonction continue de* X *dans* Y *est constante sur des ensembles ouverts et fermés de* X.

5. On peut, dans les espaces sphériques, définir les classes de fonctions par récurrence par la méthode de Baire. Les fonctions continues forment la première classe, et la classe φ est celle des fonctions limites de suites de type inférieur ou égal à ω_α de fonctions de classes inférieures. Les indices des classes seront nécessairement inférieurs à $\omega_{\alpha+1}$. On généralisera la notion d'ensemble de première catégorie dans X. Un tel ensemble sera la réunion des ensembles non denses d'une famille de puissance $\aleph_\beta$. Les démonstrations classiques (6) s'étendent sans difficulté pour montrer que : *Pour toute fonction de classe* φ *il existe un ensemble* X' *de première catégorie tel que la restriction de la fonction à* X — X' *soit continue.* La démonstration donnée plus haut montre que si X est quasi compact-β, X — X' n'est pas vide. Le problème se pose de savoir dans quel cas les classes existent. Le théorème 3 montre qu'il n'en est pas toujours ainsi.

6. On peut enfin définir des classes F_σ et G_δ d'ensembles boréliens généralisés, $F_\sigma(G_\delta)$ étant la classe des réunions (intersections) de puissance $\aleph_\beta$ de fermés (ouverts). Tout fermé est un G_δ, tout ouvert un F_σ. Toute réunion de fermés en puissance inférieure au caractère de X est un fermé. Si f est une fonction de première classe, G un ouvert, F un fermé de Y, $f^{-1}(G)$ est un F_σ, $f^{-1}(F)$ un G_δ.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Théorèmes taubériens généraux.* Note de M. Hubert Delange, présentée par M. Paul Montel.

1. *Préliminaires.* — Dans tout ce qui suit, N(u) est une fonction réelle ou complexe de la variable réelle u, définie pour $u > 0$, sommable sur l'intervalle $(0, +\infty)$, ainsi que $N(u)\log u$, et telle que $\int_0^{+\infty} N(u)\,du = 1$.

$s(t)$ est une fonction réelle ou complexe de la variable réelle t, définie pour $t > 0$, mesurable et bornée sur tout intervalle fini $(0, L)$.

(6) C. Kuratowski, *Fund. Math.*, 5, 1924, pp. 75-86.

E désigne un ensemble quelconque de nombres réels positifs, supposé non borné supérieurement, et λ une variable réelle supérieure à 1.

A la fonction $s(t)$, on associe une fonction w de E et λ, susceptible de prendre une valeur réelle finie ou la valeur $+\infty$, définie par

$$w(E, \lambda) = \overline{\lim_{\substack{t \to +\infty \\ t \in E}}} \left\{ \sup_{t \leq t' < \lambda t} |s(t') - s(t)| \right\}.$$

Dans le cas où $s(t)$ est supposée réelle, on pose encore

$$-\varpi'(E, \lambda) = \underline{\lim_{\substack{t \to +\infty \\ t \in E}}} \left\{ \inf_{t \leq t' < \lambda t} [s(t') - s(t)] \right\},$$

$$\varpi''(E, \lambda) = \overline{\lim_{\substack{t \to +\infty \\ t \in E}}} \left\{ \sup_{\frac{t}{x} < t' \leq t} [s(t') - s(t)] \right\}.$$

Pour E fixé, chacune des fonctions considérées est une fonction non décroissante de λ et, comme elle est positive ou nulle, si elle est finie pour λ assez voisin de 1, elle tend vers une limite finie positive ou nulle lorsque λ tend vers 1.

Dans le cas général, on désigne par $w(\lambda)$ la valeur de $w(E, \lambda)$ pour E égal à l'ensemble de tous les nombres réels positifs.

Ou bien $w(\lambda) = +\infty$ quel que soit λ, ou bien $w(\lambda) < +\infty$ quel que soit λ.

Dans le cas où $s(t)$ est réelle, on désigne par $\varpi(\lambda)$ la valeur commune de $\varpi'(E, \lambda)$ et $\varpi''(E, \lambda)$ pour E égal à l'ensemble de tous les nombres réels positifs.

Ou bien $\varpi(\lambda) = +\infty$ quel que soit λ, ou bien $\varpi(\lambda) < +\infty$ quel que soit λ.

II. On pose

$$\Phi(x) = \int_0^{+\infty} \frac{1}{x} N\left(\frac{t}{x}\right) s(t)\, dt \qquad (x \text{ réel positif}).$$

THÉORÈME 1. — *Si* 1° $\int_0^{+\infty} N(t) t^{iu}\, dt \neq 0$ *quel que soit u réel*, 2° $w(\lambda) < +\infty$, 3° *quel que soit k réel positif, on a, pour x tendant vers* $+\infty$,

$$\Phi(kx) - \Phi(x) = \frac{\Phi(x)}{\log x} \log k + o[1],$$

alors, en posant

$$\int_0^{+\infty} N(u) \log \frac{1}{u}\, du = C,$$

on a quel que soit E

$$\overline{\lim_{\substack{t \to +\infty \\ t \in E}}} \left| s(t) - \Phi(t) - C \frac{\Phi(t)}{\log t} \right| \leq w(E, 1 + 0).$$

Si, en plus des hypothèses ci-dessus, $N(u)$ *et* $s(t)$ *sont réelles, on a*

$$-\varpi''(E, 1 + 0) \leq \underline{\lim_{\substack{t \to +\infty \\ t \in E}}} \left[s(t) - \Phi(t) - C \frac{\Phi(t)}{\log t} \right]$$
$$\leq \overline{\lim_{\substack{t \to +\infty \\ t \in E}}} \left[s(t) - \Phi(t) - C \frac{\Phi(t)}{\log t} \right] \leq \varpi'(E, 1 + 0).$$

Remarque. — L'hypothèse 3° est satisfaite en particulier si, pour x positif infiniment grand, $\Phi(x) = o[\log x]$ et, quel que soit k réel positif,

$$\Phi(kx) - \Phi(x) = o[1].$$

Alors on peut supprimer dans les inégalités ci-dessus le terme en $\Phi(t)/\log t$.

THÉORÈME 2. — *Si* $N(u)$ *est réelle et positive ou nulle et si l'on suppose* $s(t)$ *réelle, on peut remplacer dans le théorème précédent l'hypothèse* $w(\lambda) < +\infty$ *par* $\varpi(\lambda) < +\infty$*, en ajoutant l'hypothèse qu'il existe trois nombres positifs* x_0, h *et* M *tels que, pour* $x \geqq x_0$ *et* $1 \leqq k \leqq 1+h$, $\Phi(kx) - \Phi(x) \leqq M$.

Corollaires. — *a.* Soit $\rho(x)$ une fonction réelle ou complexe définie pour x réel positif assez grand, bornée, et telle que, pour x tendant vers $+\infty$, le produit $[\rho(kx) - \rho(x)]\log x$ tende vers zéro uniformément par rapport au paramètre réel positif k pour $\varepsilon \leqq k \leqq 1/\varepsilon$.

C ayant la même signification que plus haut, si l'on a, pour t tendant vers l'infini, $s(t) = \rho(t)[\log t + C] + a + o[1]$, on a, pour x positif infiniment grand, $\Phi(x) = \rho(x)\log x + a + o[1]$.

Le théorème 1 montre que, *si* $\int_0^{+\infty} N(t)t^{iu}\,dt \neq 0$ *pour tout* u *réel, la réciproque a lieu sous l'hypothèse que* $w(\lambda) < +\infty$ *et* $w(1+0) = 0$.

Le théorème 2 montre que, *si* $N(u)$ *est réelle et positive ou nulle et* $\int_0^{+\infty} N(t)t^{iu}\,dt \neq 0$ *pour tout* u *réel, la réciproque a encore lieu sous les hypothèses que* $s(t)$ *est réelle,* $\varpi(\lambda) < +\infty$ *et* $\varpi(1+0) = 0$.

b. Supposons que $\int_0^{+\infty} N(t)t^{iu}\,dt \neq 0$ pour tout u réel et posons

$$\int_u^{+\infty} N(t)\,dt = K(u).$$

Soit $\lambda_1, \lambda_2, \ldots, \lambda_n, \ldots$ une suite de nombres réels positifs croissants et tendant vers $+\infty$, et soient $a_1, a_2, \ldots, a_n, \ldots$ des coefficients réels ou complexes.

Si, pour x *tendant vers* $+\infty$, $\sum_1^{+\infty} a_n K(\lambda_n/x)$ *tend vers une limite finie* S *et si l'on a, pour* $n \geqq 2$,

$$|a_n| \leqq M\frac{\lambda_n - \lambda_{n-1}}{\lambda_n}, \tag{1}$$

on a $\sum_1^{+\infty} a_n = S$.

b'. Si, dans l'énoncé précédent, on ajoute les hypothèses que $N(u)$ *est réelle et positive ou nulle et que* a_n *est réel, on peut remplacer l'hypothèse* (1) *par*

$a_n \geqq -M(\lambda_n - \lambda_{n-1})/\lambda_n$ *et la conclusion par*

$$\overline{\lim_{n\to\infty}} \sum_1^n a_j = S \quad \text{et} \quad \underline{\lim_{n\to\infty}} \sum_1^n a_j \geqq S - (1 + \alpha)M \quad \text{avec} \quad \alpha = \underline{\lim_{n\to\infty}} \frac{\lambda_{n-1}}{\lambda_n}.$$

Il suffit, d'ailleurs, que l'inégalité imposée à a_n ait lieu pour n assez grand.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Remarques sur la majoration de certaines transformées.* Note de M. **Michel Loève**, présentée par M. Paul Montel.

Dans une Note récente aux *Comptes rendus,* M. R.-P. Boas [1] a étendu un résultat de M. Tagamlitzki [2] et simplifié la démonstration. Or, la propriété ainsi établie est un des cas particuliers des remarques qui suivent, relatives à la majoration de certaines transformées intégrales où la fonction intégrante est à variation bornée.

Les fonctions $\alpha(t)$ seront à variation bornée dans les intervalles d'intégration correspondants, et normalisées, c'est-à-dire que :

$$\alpha(t) = \frac{\alpha(t-0) + \alpha(t+0)}{2}.$$

Les fonctions $\beta(t)$ seront, de plus, non décroissantes.

1. Soient $\{a_n\}_1^\infty$ et $\{b_n\}_1^\infty$ deux suites de nombres réels. La relation

(1) $$|\Delta^p a_n| \leqq (-1)^p \Delta^p b_n$$

entraîne

$$b_n = \int_0^1 t^n d\beta(t).$$

La condition (1) *est nécessaire et suffisante pour que l'on ait*

(1′) $$a_n = \int_0^1 t^n d\alpha(t)$$

avec

(M) $$|\Delta\alpha(t)| \leqq \Delta\beta(t),$$

l'accroissement d'argument étant $\geqq 0$.

2. Soient $a(x)$ et $b(x)$ deux fonctions réelles, continues dans un intervalle (I), λ_x des quantités réelles quelconques, x_k des points arbitraires de (I), $k = 1, 2, \ldots, n$, n (entier quelconque), et $A_n \equiv (x_1, \ldots, x_n)$.

La relation

(2) $$\left|\sum_{A_n}\sum_{A_n} a(x+y)\lambda_x\lambda_y\right| \leqq \sum_{A_n}\sum_{A_n} b(x+y)\lambda_x\lambda_y$$

---

[1] *Comptes rendus*, **223**, 1946, p. 940.
[2] *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 1683.

entraîne

$$b(x)=\int_{-\infty}^{+\infty} e^{-xt}\,d\beta(t) \quad \text{dans (I)}.$$

La condition (2) *est nécessaire et suffisante pour que l'on ait*

$$(2') \qquad a(x)=\int_{-\infty}^{+\infty} e^{-xt}\,d\alpha(t) \quad \textit{dans (I)}$$

avec

$$(\text{M}) \qquad |\Delta\alpha(t)| \leqq \Delta\beta(t).$$

3. Soient $\{a_n\}_{-\infty}^{+\infty}$ et $\{b_n\}_{-\infty}^{+\infty}$ deux suites de nombres, généralement complexes, avec

$$\bar{a}_{-n}=a_n,$$

les λ_i des quantités quelconques, généralement complexes, N un entier arbitraire.

La relation

$$(3) \qquad \left|\sum_1^N \sum_1^N a_{i-j}\lambda_i\bar{\lambda}_j\right| \leqq \sum_1^N \sum_1^N b_{i-j}\lambda_i\bar{\lambda}_j$$

entraîne

$$b_n=\int_{-\pi}^{+\pi} e^{int}\,d\beta(t).$$

La condition (3) *est nécessaire et suffisante pour que l'on ait*

$$(3') \qquad a_n=\int_{-\pi}^{+\pi} e^{int}\,d\alpha(t)$$

avec

$$(\text{M}) \qquad |\Delta\alpha(t)| \leqq \Delta\beta(t).$$

4. Soient $a(x)$ et $b(x)$ deux fonctions, généralement à valeurs complexes, continues sur $(-\infty, +\infty)$, avec

$$\bar{a}(-x)=a(x),$$

les λ_x des quantités quelconques, généralement complexes.

La relation

$$(4) \qquad \left|\sum_{\Lambda_n} \sum_{\Lambda_n} a(x-y)\lambda_x\bar{\lambda}_y\right| \leqq \sum_{\Lambda_n} \sum_{\Lambda_n} b(x-y)\lambda_x\bar{\lambda}_y$$

entraîne

$$b(x)=\int_{-\infty}^{+\infty} e^{ixt}\,d\beta(t).$$

La condition (4) *est nécessaire et suffisante pour que l'on ait*

$$(4') \qquad a(x) = \int_{-\infty}^{+\infty} e^{ixt}\, d\alpha(t)$$

avec

$$(\mathrm{M}) \qquad |\Delta\alpha(t)| \leqq \Delta\beta(t).$$

Conséquences. — De (M) résultent immédiatement :

a. Les points d'invariabilité de $\beta(t)$ sont aussi points d'invariabilité de $\alpha(t)$. Par suite, si $\beta(t)$ est purement discontinue, il en est de même de $\alpha(t)$ et les sauts de $\beta(t)$ majorent les modules des sauts correspondants de $\alpha(t)$. M. Boas a étudié la relation (1) dans ce cas (avec a_n réels ou complexes) et la relation (3) dans le cas plus particulier où b_n se réduit à e^{int_0}.

b. Les points de continuité de $\beta(t)$ sont aussi points de continuité de $\alpha(t)$. Par suite, si $\beta(t)$ est continue, il en est de même de $\alpha(t)$. Si $\beta(t)$ est absolument continue, il en est de même de $\alpha(t)$.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur les suites et familles de représentations analytiques du* R^4. Note [1] de M. **Heinz Rutishauser**, présentée par M. Émile Borel.

Les résultats publiés par l'auteur dans les *Comptes rendus* [2] sont étendus ici aux suites et familles de représentations analytiques du R^4. Tandis que C. Caratheodory étudie dans un article les représentations holomorphes biunivoques d'un domaine fixe sur un autre domaine fixe, il ne sera fait ici aucune hypothèse sur le domaine image ni sur la biunivocité des représentations considérées.

L'espace R^4 est fermé par le groupe projectif. Une suite de points sera appelée convergente si elle est convergente au sens de la métrique euclidienne, ou bien si elle peut être transformée en une telle suite par une application projective non dégénérée appropriée.

Définition I. — Soit K_1, K_2, K_3 ... une suite de représentations méromorphes du domaine D. Soit P_0 un point intérieur de ce domaine. On appelle image limite $\mathcal{F}(F_0)$ du point P_0 par rapport à la suite $\mathcal{F}$ l'ensemble des points d'accumulation de toutes les suites $K_1(P_1)$, $K_2(P_2)$, $K_3(P_3)$, ..., lorsque P_1, P_2, P_3, ... parcourt toutes les suites de points qui convergent vers P_0.

Définition II. — La suite K_1, K_2, K_3, ... est appelée irréductible au point P_0, si l'ensemble $\mathcal{F}'(P_0)$ n'est pas un sous-ensemble proprement dit de $\mathcal{F}(P_0)$ pour aucune suite partielle $\mathcal{F}'$ de $\mathcal{F}$.

---

(1) Séance du 30 juin 1947.

(2) *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 1 804.

Si la suite considérée $\mathcal{F}$ est irréductible au point P_0, l'image limite de P_0 est un point ou bien a les propriétés suivantes :

THÉORÈME A. — *L'ensemble* $\mathcal{F}(P_0)$ *est connexe et a avec chaque plan caractéristique au moins un point commun.*

Définition III. — La suite $\mathcal{F}$ est appelée régulière au point P_0 si l'image limite de P_0 est un seul point.

Définition IV. — La suite est appelée quasi régulière dans le domaine D si l'ensemble des points irréguliers de la suite forme dans D un nombre fini de surfaces caractéristiques (ne couvre donc pas un domaine à 3 dimensions) et si, de plus, les points Q, dont l'image limite couvre un domaine à 3 dimensions, sont isolés. Les mots normal et quasinormal ont ici la même signification que dans l'étude des suites de fonctions méromorphes.

Contrairement à ce qui se présente dans l'étude des fonctions, il peut exister des points irréguliers isolés (même pour les représentations holomorphes). Le comportement de la suite dans le voisinage d'un tel point justifie de l'appeler une singularité essentielle.

THÉORÈME B. — *Si la famille* S *de représentations méromorphes* K(P) *est telle que les images* K(D) *n'ont aucun point commun avec* 6 *plans caractéristiques fixes qui forment un quadrangle complet, cette famille est normale dans le domaine* D.

THÉORÈME C. — *Si les images* K(D) *formées par la famille* S *considérée ci-dessus tont des points communs avec les* 6 *plans caractéristiques* $E_1, E_2, \ldots, E_6$, *mais de telle façon que les images réciproques des* 6 *plans sont des surfaces caractéristiques* $V_1, V_2, \ldots, V_6$ *dont l'ordre dans le domaine* D *ne dépasse pour aucune représentation de la famille* S *le nombre* q, *la famille* S *est quasinormale dans le domaine* D.

Application aux familles de représentations projectives. — Il résulte du théorème C :

THÉORÈME D. — *Une famille de représentations projectives du* R^4 *est quasinormale dans tout l'espace, et les points irréguliers, s'ils couvrent un domaine à 2 dimensions, forment un plan caractéristique.*

On peut même démontrer que, pour une suite irréductible de représentations projectives, seuls les 4 cas énumérés ci-dessous peuvent se présenter :

1. La suite est partout régulière et la représentation-limite est aussi une représentation projective; elle ne peut être dégénérée que si les représentations de la suite le sont.

2. La suite est régulière hors d'un plan caractéristique E. Pour chaque point Q de ce plan, $\mathcal{F}(Q)$ est un plan caractéristique. Les images-limite de tous les points hors du plan irrégulier E se confondent en un seul point.

3. La suite est régulière hors d'un point P; pour ce point $\mathcal{F}(P)$ est tout l'espace R^4. Le reste de l'espace est représenté (à la limite) sur un plan de l'espace-image.

4. La suite est régulière hors d'un plan caractéristique E. Pour chaque point Q de ce plan, $\mathcal{F}(Q)$ est un plan caractéristique E^* *indépendant de* Q.

En outre, il y a sur le plan irrégulier E un point P tel que $\mathcal{F}(P)$ est tout l'espace R^4. Tous les points hors de E sont représentés (à la limite) sur un seul et même point.

De cette énumération l'on tire encore les théorèmes suivants :

THÉORÈME E. — *Si 4 points de l'espace* R^4, *parmi lesquels aucun triple ne se trouve dans un plan caractéristique, sont transformés par une suite de représentations projectives en 4 suites de points convergentes telles que parmi les 4 points-limites aucun triple ne se trouve dans un plan, la suite est régulière dans tout l'espace.*

THÉORÈME F. — *Soit* P *un point régulier d'une suite* $\mathcal{F}$ *de représentations projectives, si les images de* P *convergent vers un point* P^* *de l'espace-image, et si la suite des représentations inverses est aussi régulière au point* P^*, $\mathcal{F}$ *est régulière dans tout l'espace.*

ÉQUATIONS INTÉGRALES. — *Sur des équations intégrales singulières ayant des solutions communes.* Note de M. **Maurice Parodi**.

I. Soit l'équation intégrale singulière en $F(y)$

(1) $$F(y) = \lambda \int_0^{\infty} K(y, z)\, F(z)\, dz.$$

Cherchons la relation que doit satisfaire le noyau $K(y, z)$ pour que cette équation ait une solution indépendante de λ.

Posons, au sens de Carson,

$$F(y) \supset f(p)$$

et supposons que

$$\int_0^{\infty} K(y, z)\, F(z)\, dz$$

soit l'original, relatif à y, d'une fonction de la forme $f(p^\lambda)$.

Pour qu'il en soit ainsi, on sait (1) que $K(y, z)$ doit être telle que l'on ait

(2) $$K(y, z) \supset p^\lambda e^{-zp^\lambda}.$$

Dans ces conditions, l'image de la relation (1) s'écrit

(3) $$f(p) = \lambda f(p^\lambda)$$

et admet la solution particulière indépendante de λ,

$$f(p) = \frac{1}{\log p}.$$

(1) Voir, par exemple, M. Bayard, *Comptes rendus*, **218**, 1944, p. 27; M. Parodi, *Bull. Sciences math.*, **69**, 1945, p. 174.

Ainsi, $K(y, z)$ satisfaisant à l'équation (2), les équations du type (1) auront une solution commune, qui est l'original de $1/\log p$.

Cet original est la fonction $\nu(y)$ de Serge Colombo (²);

$$\nu(y) = \int_0^\infty \frac{y^s}{\Gamma(1+s)} ds.$$

Ceci suppose que les intégrales aient un sens.

Par exemple, faisons $\lambda = 1/2$, il vient

$$\frac{1}{\sqrt{\pi}} \frac{e^{-\frac{z^2}{4y}}}{\sqrt{g}} = K(y, z) \supset p^{\frac{1}{2}} e^{-zp^{\frac{1}{2}}},$$

et $F(y) = \nu(y)$ est solution de l'équation

$$F(y) = \frac{1}{2\sqrt{\pi y}} \int_0^\infty e^{-\frac{z^2}{4y}} F(z)\, dz,$$

comme il est facile de le vérifier.

Prenons $\lambda = -1$, on obtient

$$z^{-\frac{1}{2}} y^{\frac{1}{2}} J_1(2\sqrt{yz}) = K(y, z) \supset \frac{1}{p} e^{-\frac{z}{p}}$$

et l'équation

$$\frac{F(y)}{\sqrt{y}} = -\int_0^\infty J_1(2\sqrt{yz}) \frac{F(z)}{\sqrt{z}} dz$$

a pour solution $F(y) = \nu(y)$. Nous retrouvons un résultat établi par une autre voie par MM. P. Humbert et L. Poli (³).

II. Soit l'équation intégrale en $F(y)$

(4) $$\lambda F(y) = \int_0^\infty K(y, z) F(z)\, dz.$$

En raisonnant comme plus haut, il est facile de montrer que si le noyau a une image de la forme

$$p^\lambda e^{-zp^\lambda},$$

les équations du type (4) auront, quel que soit λ, une solution commune qui s'écrit

$$F(y) = -\log y - \gamma \qquad (\gamma = \text{const. d'Euler}).$$

Dans le cas particulier où $\lambda = 1/2$, il est facile de vérifier le résultat obtenu.

(²) *Bull. Sciences. math.*, 68, 1944, p. 204.

(³) *Bull. Sciences math.*, 67, 1943, p. 104.

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Sur une représentation des fonctions aléatoires.* Note de M. **Joseph Kampé de Fériet**, présentée par M. Henri Villat.

Une fonction aléatoire réelle $X(t)$ est définie au sens de Khintchine si, pour tout ensemble fini $(t_1, t_2, \ldots, t_n)$ et $(\xi_1, \xi_2, \ldots, \xi_n)$, on connaît

(1) $$\text{Prob}[X(t_1) < \xi_1, X(t_2) < \xi_2, \ldots, X(t_n) < \xi_n].$$

Je me propose d'indiquer une représentation des fonctions aléatoires commode dans plusieurs de leurs applications; *elle généralise à un ensemble abstrait mesurable l'épreuve aléatoire consistant à choisir une trajectoire dans l'écoulement permanent d'un fluide compressible.* Soient : 1° un ensemble abstrait Ω sur lequel on a défini une mesure (fonction d'ensemble non négative complètement additive), telle que Ω ait lui-même une mesure finie, soit $\text{mes}\,\Omega = 1$; 2° un groupe abélien T de transformations biunivoques T_t de Ω en lui-même, dépendant d'un paramètre continu $(-\infty < t < +\infty)$: $T_{t+s} = T_t T_s$ tel que si $E \subset \Omega$ est mesurable il en soit de même de $T_t E$ pour tout t; 3° une fonction numérique réelle $f(\omega)$, $\omega \in \Omega$, mesurable, c'est-à-dire telle que l'ensemble $E(f, \xi)$ des ω, où $f(\omega) < \xi$, soit mesurable pour tout ξ; 4° la catégorie d'épreuves aléatoires consistant à choisir un élément $\omega \in \Omega$ de telle sorte que, pour tout $E \subset \Omega$ mesurable : $\text{Prob}[\omega \in E] = \text{mes}\,E$. Il est clair qu'en posant (¹)

(2) $$X(t) = f(T_t \omega),$$

on définit une fonction aléatoire pour laquelle la probabilité (1) a pour valeur

(3) $$\text{mes}[T_{-t_1}E(f, \xi_1) \cap T_{-t_2}E(f, \xi_2) \cap \ldots \cap T_{-t_n}E(f, \xi_n)].$$

Pour ω donné l'ensemble $T_t\omega$, quand t varie, définit une trajectoire; l'épreuve revient donc à choisir celle-ci. Cette représentation contient celle proposée par J. L. Doob (²) qui se borne au cas où, Ω étant un ensemble de fonctions $\omega = \varphi(x)$, $(-\infty < x < +\infty)$, le groupe T est défini par $T_t\omega = \varphi(x+t)$. En laissant à l'ensemble Ω et au groupe T toute leur généralité, on gagne une souplesse précieuse pour l'emploi des fonctions aléatoires dans les problèmes de Mécanique statistique. Notons d'ailleurs que, d'après Doob, toute fonction aléatoire étant susceptible d'être représentée par sa méthode, il en est de même *a fortiori* de la nôtre, plus générale.

A un Ω et un T correspond ainsi un anneau (³) de fonctions aléatoires définies

(¹) On passe au cas des fonctions aléatoires complexes en posant

$$X(t) = f(T_t\omega) + ig(T_t\omega).$$

(²) *Proc. Nat. Acad. Sc. Washington*, **20**, 1934, p. 376.

(³) Cet ensemble de fonctions aléatoires est bien un anneau parce que si $X_1(t)$ et $X_2(t)$ lui appartiennent, il en est de même de $X_1 + X_2$, $X_1 . X_2$.

par l'ensemble des $f(\omega)$ mesurables sur Ω; dans un anneau de fonctions aléatoires on est naturellement conduit à distinguer certains sous-ensembles, comme ceux qui correspondent à $f \in L^p$ $(p \geq 1)$ (les classes L^p correspondant à l'intégrale de Lebesgue construite avec la mesure définie sur Ω); la fonction aléatoire possède alors des moments d'ordre $k \leq p$

$$\overline{X(t_1)\ldots X(t_k)} = \int_\Omega f(T_{t_1}\omega)\ldots f(T_{t_k}\omega)\, d\mu(\omega).$$

Parmi les groupes opérant dans Ω, ceux qui conservent la mesure (fluide incompressible) définissent des fonctions aléatoires importantes; les fonctions aléatoires strictement stationnaires, c'est-à-dire telles que la probabilité (1) soit invariante pour toute translation de $(t_1, t_2, \ldots t_n)$; en effet, comme (3) s'écrit

$$\operatorname{mes} T_{-t_1}[E(f, \xi_1) \cap T_{t_1-t_2}E(f, \xi_2) \cap \ldots \cap T_{t_1-t_n}E(f, \xi_n)],$$

il est évident que, pour que la fonction aléatoire soit strictement stationnaire, il faut et il suffit que T_t conserve la mesure quel que soit t.

Pour que toutes les fonctions aléatoires d'un anneau soient strictement stationnaires, il faut et il suffit que le moment d'ordre 1, $\overline{x(t)}$, soit indépendant de t pour toute $f \in L$; en effet, il en résulte que T conserve la mesure, comme on le voit en prenant pour $f(\omega)$ la fonction caractéristique d'un ensemble mesurable arbitraire.

MÉCANIQUE PROBABILISTE. — *Sur le corpuscule aléatoire à masse aléatoire.* Note de M. **Jean Bass**, présentée par M. Henri Villat.

I. Soit $X(t)$ un vecteur aléatoire à trois dimensions, admettant une dérivée en moyenne quadratique $U(t)$. On suppose que :

1° L'ensemble des six composantes de X, U admet une *densité de probabilité* $F(x_i, u_i, t)$.

2° Il existe un *opérateur linéaire* A opérant sur l'espace $\mathcal{E}$ des fonctions absolument sommables des x, u, tel que

$$(1) \qquad \frac{\partial F}{\partial t} = \left(A - \Sigma u_i \frac{\partial}{\partial x_i}\right) F.$$

3° En chaque point x_i, A admet un *adjoint* A^* opérant sur l'espace $\mathcal{E}^*$ des fonctions $\psi(u_i)$ mesurables bornées, tel que

$$\int \psi A F\, du = \int F A^* \psi\, du, \qquad du = du_1\, du_2\, du_3.$$

4° Comme conséquence de la dérivabilité de X, $\int AF\, du = 0$ ou $\overline{A^*(1)} = 0$, la barre désignant une moyenne liée en x_i.

On en déduit l'*équation générale de transfert*

$$\frac{\partial}{dt}\varphi\overline{\psi}+\sum\frac{\partial}{\partial x_i}\varphi\overline{\psi u_i}=\varphi\overline{A^*\psi},\qquad \varphi=\int F\,du, \tag{2}$$

qui, pour $\psi=1$, se réduit à l'*équation de continuité* hydrodynamique. S'il existe un nombre $p\geqq 2$ tel que $|Fu_i^p|$ soit sommable, on peut prendre $\psi=u_i$ et $\psi=\Sigma u_i^2$. On sait ([1]) que l'on obtient ainsi les *équations hydrodynamiques et thermodynamiques d'un fluide*.

II. Une généralisation naturelle consiste à considérer comme *aléatoires*, non seulement X et U, mais aussi la *masse* m du corpuscule (prise jusqu'ici comme unité). Soit F la densité de probabilité des X_i, U_i, m. On pose $p_i=mu_i$, $F\,du\,dm=f\,dp\,dm$, $F=mf$. On admet comme ci-dessus l'existence d'un opérateur linéaire opérant sur les fonctions absolument sommables des x_i, p_i, pourvu en chaque point x_i d'un adjoint A^*, et tel que f vérifie l'équation fonctionnelle

$$m\frac{\partial f}{\partial t}+\Sigma p_i\frac{\partial f}{\partial x_i}=Af. \tag{3}$$

La dérivabilité de X impose la condition $\overline{A^*(m^{-1})}=0$. L'équation de transfert s'écrit ici

$$\frac{\partial}{\partial t}\varphi\overline{m\psi}+\sum\frac{\partial}{\partial x_i}\varphi\overline{p_i\psi}=\varphi\overline{A^*\psi},\qquad \varphi=\int f\,dp\,dm. \tag{4}$$

Pour $\psi=1$ et $\psi=u_i$, elle fournit les équations hydrodynamiques d'un fluide ayant pour *densité* $\rho_0=\varphi\overline{m}$, dont la *vitesse d'ensemble* v_i et la *vitesse d'agitation* u_i'' sont données par les formules $\rho_0 v_i=\overline{\rho u_i}$, $u_i=v_i+u_i''$. $\rho=\varphi m$ est la densité aléatoire. Ce fluide est soumis au *champ de forces* $(\varphi/\rho_0)\overline{A^*(u_i'')}$ et aux *tensions* $-\overline{\rho u_i'' u_j''}$. En général, il n'y a pas conservation de la masse, et la vitesse d'ensemble n'est pas égale à $\overline{u_i}$, sauf en l'absence de corrélation entre u_i et ρ. On doit noter que $\overline{\rho u_i''}=0$.

III. En *mécanique relativiste*, la masse est fonction de la vitesse. La masse du corpuscule aléatoire est donc aléatoire. Introduisons deux constantes certaines m_0, c. Posons $x_4=ct$, $p_4=mc$. Considérons les x_i et les p_i comme les composantes de vecteurs contrevariants, f comme un scalaire, A comme un opérateur scalaire. Si l'on remplace ψ par les composantes d'un tenseur, (4) fournit un système d'équations invariantes aux transformations affines de l'espace à quatre dimensions

$$\sum_{i=1}^{4}\frac{\partial}{\partial x_i}\varphi\overline{p_i\psi}=\varphi\overline{A^*\psi}, \tag{5}$$

qui, pour $\psi=p_i$, constituent des équations hydrodynamiques.

([1]) G. Dedebant et Ph. Wehrlé, *Comptes rendus*, **206**, 1938, p. 1790; J. Bass, *Comptes rendus*, **220**, 1945, p. 272.

Introduisons la transformation de Lorentz et limitons-nous pour simplifier à une seule dimension d'espace. On a alors :

$$u_1 = u, \qquad p_4^2 - p_1^2 = m^2c^2 - m^2u^2 = m_0^2c^2.$$

Définissons la densité aléatoire ρ, la densité ρ_0, la densité dans le mouvement d'ensemble ρ_1 et la vitesse d'ensemble v par les formules

$$\rho m_0 = \varphi m^2, \qquad \rho_0 m_0 = \varphi \overline{m^2}, \qquad \rho_1 m_0 = \frac{\varphi m_0^2}{1 - \dfrac{v^2}{c^2}}, \qquad \rho_0 m_0 v = \varphi \overline{m^2 u}.$$

La vitesse d'agitation sera donnée par la formule relativiste de composition des vitesses

$$u = \frac{v + u''}{1 + \dfrac{v}{c^2}u''} \qquad \text{et l'on a} \qquad \rho = \varphi m_0 \frac{\left(1 + \dfrac{v}{c^2}u''\right)^2}{\left(1 - \dfrac{v^2}{c^2}\right)\left(1 - \dfrac{u''^2}{c^2}\right)}.$$

Les équations hydrodynamiques tirées de (5) conservent la forme classique à condition de prendre comme tensions les quantités

$$\frac{c^2}{m_0}\varphi\left[m_0^2 - \left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right)\overline{m^2}\right] = \varphi m_0 c^2 \left(1 - \frac{\rho_0}{\rho_1}\right).$$

Dans l'approximation newtonienne où v/c et u''/c sont négligeables, on vérifie à la limite que $\overline{u''} = 0$, que ρ_0 se réduit à φm_0 et les tensions à $-\varphi m_0 \overline{u''^2}$.

L'équation de transfert de la masse contient en première approximation l'équation thermodynamique classique.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Calcul du couple exercé sur un ellipsoïde de révolution en rotation dans un milieu visqueux indéfini.* Note (¹) de M. **Jacques Huetz**, présentée par M. Henri Villat.

Poursuivant l'étude de viscosimètres absolus à solides tournants, nous avons été amené à constater que des formules déjà établies pour des ellipsoïdes étaient contredites par l'expérience. En utilisant une méthode indiquée par H. de Beaumont, qui consiste à passer des variables r, z de l'équation (1) aux variables ξ, η définies ci-dessous, et caractérisant des ellipsoïdes homofocaux, nous avons calculé le moment exercé sur l'un d'eux par un fluide visqueux indéfini.

Reprenons (²) l'équation fondamentale à laquelle satisfait la distribution des

(¹) Séance du 23 juin 1947.

(²) Voir *Comptes rendus*, **223**, 1946, pp. 534-537; M. Brillouin, *Leçons sur la viscosité*, 1907, p. 90; E. Goursat, *Leçons d'analyse*, **1**, p. 158.

vitesses dans le cas des équations de Stokes linéarisées

(1) $$\frac{\partial^2\omega}{\partial r^2}+\frac{3}{r}\frac{\partial\omega}{\partial r}+\frac{\partial^2\omega}{\partial z^2}=0 \quad \text{ou} \quad \Delta_{rz}\omega+\frac{3}{r}\frac{\partial\omega}{\partial r}=0.$$

Par ailleurs, les ellipsoïdes homofocaux aplatis peuvent être représentés par l'équation $r^2/c^2\,\mathrm{ch}^2\xi+z^2/c^2\,\mathrm{sh}^2\xi=1$, ce qui revient à $r=c\,\mathrm{ch}\,\xi\cos\eta$, $z=c\,\mathrm{sh}\,\xi\sin\eta$.

Dans l'équation fondamentale, passons des variables r, z, aux variables ξ, η. C'est une transformation conforme, car

$$r+iz=c\,\mathrm{ch}\,\xi\cos\eta+ic\,\mathrm{sh}\,\xi\sin\eta=c\,\mathrm{ch}\,(\xi+i\eta).$$

Utilisons les propriétés classiques de ces transformations. Si $r=\mathrm{P}(\xi\eta)$, $z=\mathrm{Q}(\xi\eta)$. On a

(2) $$\Delta_{rz}\omega\times c^2(\mathrm{sh}^2\xi\cos^2\eta+\mathrm{ch}^2\xi\sin^2\eta)=\Delta_{\xi\eta}\,\omega.$$

Par ailleurs

$$\frac{\partial r}{\partial r}=1=\frac{\partial r}{\partial\xi}\frac{\partial\xi}{\partial r}+\frac{\partial r}{\partial\eta}\frac{\partial\eta}{\partial r},$$

$$0=\frac{\partial z}{\partial r}=c\left(\frac{\partial\xi}{\partial r}\,\mathrm{ch}\,\xi\sin\eta+\frac{\partial\eta}{\partial r}\,\mathrm{sh}\,\xi\cos\eta\right),$$

d'où l'on tirera $\partial\xi/\partial r$, $\partial\eta/\partial r$ qui, portés dans le terme $(3/r)\,\partial\omega/\partial r$, donne

$$\frac{3}{r}\left(\frac{\partial\omega}{\partial\xi}\frac{\partial\xi}{\partial r}+\frac{\partial\omega}{\partial\eta}\frac{\partial\eta}{\partial r}\right)$$

et l'équation (1) où le terme $\Delta_{rz}\omega$ aura lui-même été remplacé par sa valeur tirée de (2) devient

$$\Delta_{\xi\eta}\,\omega+3\frac{\partial\omega}{\partial\xi}\,\mathrm{th}\,\xi-3\frac{\partial\omega}{\partial\eta}\,\mathrm{tg}\,\eta=0.$$

Sachant qu'une solution constante aux limites est déterminée de façon unique ω doit être fonction de ξ seul

$$\frac{\partial^2\omega}{\partial\xi^2}+3\,\mathrm{th}\,\xi\frac{\partial\omega}{\partial\xi}=0 \quad \text{d'où} \quad \omega=\mathrm{K}\left(\frac{\mathrm{sh}\,\xi}{\mathrm{ch}^2\xi}-\mathrm{arc\,tg}\frac{1}{\mathrm{sh}\,\xi}\right)+\mathrm{C}.$$

La considération de $\omega=0$ à l'infini et de $\omega=\omega_0$ sur le solide intérieur d'excentricité $e=1/\mathrm{ch}\,\xi$ détermine les deux constantes

$$\mathrm{C}=0, \qquad \mathrm{K}=\frac{\omega_0}{e\sqrt{1-e^2}-\arcsin e}.$$

Si $\xi\to\infty$, l'ellipsoïde extérieur est assimilable à une sphère dont le rayon $\mathrm{R}^2=r^2+z^2\to c^2\,\mathrm{sh}^2\xi$, on a sur cette sphère

$$\mathrm{M}'=\frac{8\pi\eta\omega_0c^3}{e\sqrt{1-e^2}-\arcsin e}\left[\mathrm{sh}^3\xi\left(\frac{\mathrm{sh}\,\xi}{\mathrm{ch}^2\xi}-\mathrm{arc\,tg}\frac{1}{\mathrm{sh}\,\xi}\right)\right].$$

Si $\xi\to\infty$, le terme entre crochets tend vers $2/3$

(3) $$\mathrm{M}=\frac{2}{3}\,\frac{8\pi\eta\omega_0c^3}{e\sqrt{1-e^2}-\arcsin e}.$$

Pour les ellipsoïdes allongés, on aurait de même en portant dans l'équation $r^2/c^2 \operatorname{ch}^2\xi + z^2/c^2 \operatorname{sh}^2\xi = 1$, et en conduisant un calcul analogue

$$\frac{\partial^2\omega}{\partial\xi^2} + 3\coth\xi\frac{\partial\omega}{\partial\xi} \text{ de solution } \omega = K\left(\frac{\operatorname{ch}\xi}{\operatorname{sh}^2\xi} + \log\operatorname{th}\frac{\xi}{2}\right).$$

En introduisant e dans la valeur de K

$$K = \frac{\omega_0}{\left(\frac{e}{1-e^2} - \log\sqrt{\frac{1+e}{1-e}}\right)},$$

le moment sera

$$M = \frac{2}{3}\,\frac{8\pi\eta\omega_0 c^3}{\frac{e}{1-e^2} - \log\sqrt{\frac{1+e}{1-e}}}.$$

On passe immédiatement au cas du disque circulaire plan en faisant tendre e vers 1 dans la formule (3) : $M = (32/3)\eta c^3 \omega_0$. Nous avons soumis ces formules au contrôle expérimental suivant le processus déjà indiqué. Les moments ont été mesurés sur deux ellipsoïdes en duralumin poli tels que, $2a = 5^{cm}$, $2b = 2^{cm}$, l'un aplati, l'autre allongé, chaque mesure étant suivie d'une mesure sur une sphère de référence de 5^{cm} de diamètre pour contrôler que nous étions dans le domaine de vitesse et de viscosité qui répondent au mouvement circulaire plan, et l'on a vérifié que les équations de Stokes s'appliquent toujours. Dans ces conditions, les moments mesurés ont coïncidé avec les moments calculés par les formules ci-dessus, aux erreurs d'expérience près, qui sont de l'ordre de 2 %.

AÉRODYNAMIQUE. — *Couche limite en écoulement supersonique.* Note (1) de M. **Jean Fabri**, présentée par M. Joseph Pérès.

Considérons un profil placé dans un écoulement supersonique. Nous pouvons définir trois zones :

(A) une zone très voisine du profil où les effets de viscosité sont importants; cette zone, qui est la couche limite, est en général très étroite et son épaisseur ne devient un peu importante que dans la zone de décollement;

(B) une zone de transition, où les effets de viscosité sont faibles, mais où l'écoulement tend progressivement vers un écoulement non perturbé;

(C) l'écoulement non perturbé jusqu'à l'infini.

Pour l'étude de la couche limite nous admettrons que l'écoulement dans la zone (B) est celui d'un fluide non visqueux, déterminé uniquement par les conditions en amont du profil et par la vitesse de l'écoulement le long de la frontière des zones (A) et (B).

---

(1) Séance du 28 mai 1947.

Le profil sera défini par l'angle $\alpha(s)$ que fait avec la corde OC la tangente au point d'abscisse curviligne s, comptée le long du profil. La couche limite a une épaisseur $\delta(s)$ mesurée suivant la normale au profil et définie comme ordonnée de la bordure des zones (A) et (B). La vitesse le long de cette bordure est $U(s)$, la densité $\rho(s)$; ces grandeurs ne dépendent que de l'angle $\alpha(s)+\theta(s)$ que la vitesse fait avec OC, $\theta(s)$ étant l'angle de la vitesse et de la paroi au point d'abscisse curviligne s.

Soient $w(s, y)$ et $\rho(s, y)$ la vitesse et la densité dans la couche limite, l'ordonnée y considérée étant mesurée le long de la normale au profil au point d'abscisse curviligne s.

L'équation de conservation de la masse pour un élément de volume de la couche limite s'écrit

$$\int_0^{\delta} \rho w\, dy - \int_0^{\delta+d\delta} \rho w\, dy + \rho_u U(\cos\theta\, d\delta - \sin\theta\, ds) = 0. \tag{1}$$

$$\frac{d}{ds}\int_0^{\delta} \rho w\, dy = \rho_u U \cos\theta\left(\frac{d\delta}{ds} - \operatorname{tg}\theta\right). \tag{2}$$

Dans l'étude de la couche limite, on définit généralement une épaisseur de déplacement de débit δ^* par la relation

$$\delta^* = \int_0^{\delta}\left(1 - \frac{\rho w}{\rho_u U}\right) dy; \tag{3}$$

or $\rho_u U$ ne dépend pas de y, donc

$$\int_0^{\delta} \rho w\, dy = \rho_u U(\delta - \delta^*). \tag{4}$$

L'équation de conservation de la masse s'écrit donc

$$\frac{d}{ds}[\rho_u U(\delta - \delta^*)] = \rho_u U \cos\theta\left(\frac{d\delta}{ds} - \operatorname{tg}\theta\right). \tag{5}$$

Soit θ_0 l'angle de la vitesse au bord d'attaque, immédiatement en aval de l'onde de choc ou de la dernière caractéristique de la détente de Meyer en ce point; posons $\omega = \theta - \theta_0$.

Nous pouvons supposer que δ admet un développement de la forme

$$\delta = \omega^r(a_0 + a_1\omega + \ldots). \tag{6}$$

Comme $\int_0^{\delta} \rho w\, dy < \rho_u U \delta$, nous pouvons écrire d'après (4)

$$\rho_u U(\delta - \delta^*) = \mu(x)\rho_u U\delta \qquad \text{avec} \quad \mu(x) < 1.$$

Donc $\delta^* = (1 - \mu)\delta$. Et

$$\delta^* = \omega^r(b_0 + b_1\omega + \ldots). \tag{7}$$

L'équation (5) s'écrit alors

$$(8)\qquad \frac{d}{ds}\left[\rho_u \mathrm{U}\, \omega^r (a_0 - b_0 + (a_1 - b_1)\omega + \ldots)\right] = \rho_u \mathrm{U} \cos(\theta_0 + \omega)\left[\frac{d}{ds}\omega^r(a_0 + a_1\omega + \ldots) - \operatorname{tg}(\theta_0 + \omega)\right].$$

Comme $\rho_u U$ n'est fonction que du nombre de Mach amont et de l'angle $\alpha(s) + \theta(s) = \theta_0 + \omega + \alpha$ que fait la vitesse avec OC, l'équation (8) est une équation différentielle définissant la variation de ω, donc de la vitesse, le long du profil. r, θ_0 et les coefficients a et b dépendent du nombre de Mach amont, de l'incidence, du nombre de Reynolds et de la rugosité de la paroi.

Cas de la plaque plane avant le décollement. — Le long d'une plaque plane, avant le décollement, θ_0 et ω sont infiniment petits. Dans ce cas, il est possible de développer en série $\rho_u U$ par rapport à ω. En appelant $\rho_0 U_0$ la valeur de $\rho_u U$ pour $\omega = 0$, c'est-à-dire au bord d'attaque, nous aurons

$$(9)\qquad \rho_u \mathrm{U} = \rho_0 \mathrm{U}_0 (1 + \mathrm{C}_1 \omega + \mathrm{C}_2 \omega^2 + \ldots),$$

C_1, C_2, ... étant des coefficients que nous pouvons déterminer par la théorie des écoulements supersoniques [2]. Comme $\theta_0 + \omega$ est très petit nous pouvons mettre l'équation (7) sous la forme

$$(10)\qquad \frac{ds}{d\omega} = \frac{\omega^{r-1}(\mathrm{A}_0 + \mathrm{A}_1\omega + \ldots)}{\left(\theta_0 + \omega - \dfrac{(\theta_0 + \omega)^3}{6} + \ldots\right)(1 + \mathrm{C}_1\omega + \ldots)}.$$

En première approximation, nous pouvons écrire

$$(11)\qquad \frac{ds}{d\omega} = \frac{\omega^{r-1}(\mathrm{A}_0 + \mathrm{A}_1\omega)}{(\theta_0 + \omega)(1 + \mathrm{C}_1\omega)}.$$

On ne dispose pas actuellement de résultats expérimentaux permettant de déterminer les constantes qui interviennent dans l'équation (11). Les courbes expérimentales connues [3] montrent que $(d\omega/ds) = 0$ pour $\omega = 0$, c'est-à-dire que $r - 1 < 0$. D'autre part, comme au bord d'attaque nous devons avoir $\delta = 0$, r doit être positif; nous devons donc avoir

$$0 < r < 1.$$

De plus, la forme des courbes expérimentales connues rentre bien dans les courbes intégrales de l'équation (11).

---

(2) LAITONE, *Exact and approximate solutions of two dimensional oblique shock flow* (*Journ. of the Aeron. Sciences*, janvier 1947).

(3) FERRI, *Atti di Guidonia*, n° 17.

AÉRODYNAMIQUE. — *La couche-limite de Prandtl avec d'importants gradients de vitesses.* Note [1] de M. **Gabriel Viguier**, présentée par M. Joseph Pérès.

Nous envisageons le cas de l'écoulement plan d'un fluide incompressible s'effectuant d'une façon stationnaire, sans forces extérieures, le long de l'axe des x_1 considéré comme paroi rigide et venant du côté des x_2 positifs.

A l'extérieur de la couche-limite, l'écoulement peut être considéré comme libre de frottement et doué d'un potentiel; aussi nous pouvons admettre que, à la limite, la vitesse V croît proportionnellement à une puissance m quelconque de x_1.

Nous avons donc $V = kx_1^m$, ce qui permet d'ailleurs de ramener l'équation d'équilibre du fluide à une équation différentielle ordinaire.

Soit φ la fonction-courant définie par les égalités

$$u_1 = -\frac{\partial\varphi}{\partial x_2}, \qquad u_2 = \frac{\partial\varphi}{\partial x_1}.$$

Les termes complémentaires du troisième ordre, qui interviennent dans les composantes de Stokes par suite de l'existence de gradients de vitesse élevés, s'écrivent

$$N_1^{(3)} = -D\left(\frac{\partial^2\varphi}{\partial x_1\,\partial x_2}\right)^3 - \frac{D}{4}\frac{\partial^2\varphi}{\partial x_1\,\partial x_2}\left(\frac{\partial^2\varphi}{\partial x_2^2}\right)^2,$$
$$T_3^{(3)} = -\frac{D}{8}\left(\frac{\partial^2\varphi}{\partial x_2^2}\right)^3 - \frac{D}{2}\frac{\partial^2\varphi}{\partial x_2^2}\left(\frac{\partial^2\varphi}{\partial x_1\,\partial x_2}\right)^2,$$

où D est un coefficient de viscosité de dimension $ML^{-1}T^{+1}$ que nous avons déjà défini [2].

Nous allons faire le double changement de fonction et de variable (V. N. Falkner et S. W. Skan, *Phil. Mag.*, 12, 1931)

$$\varphi(x_1, x_2) = (k\nu x_1^{m+1})^{\frac{1}{2}}\psi(x_1, \eta), \qquad \eta = \left(\frac{kx_1^{m-1}}{\nu}\right)^{\frac{1}{2}} x_2.$$

Introduisant le nombre de Reynolds R et le nombre T sans dimension

$$R = \frac{Vx_1}{\nu}, \qquad T = \rho\frac{x_1^3}{DV},$$

l'équation différentielle, définissant la couche limite, s'écrit

$$\text{(1)} \quad m(\psi'^2 - 1) - \frac{m+1}{2}\psi''\psi + \psi''' + \alpha_1\psi''^2 + \alpha_2\psi'^3 + \alpha_3\psi'\psi''\psi'''$$
$$+ (\alpha_4\psi'^2 + \alpha_5\psi''^2)\psi''' + (\alpha_6\psi'' + \alpha_7\psi')\psi'\psi'' = 0$$

où les sept coefficients α_i sont fonctions des quantités m, R, T et η.

---

(1) Séance du 30 juin 1947.

(2) *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 713.

Nous trouvons là le cas où l'on considère un obstacle en forme de coin dont l'axe est parallèle à la direction de l'écoulement; ce coin a un angle au sommet θ qui est donné par l'expression

$$\theta(m+1) = 2m\pi.$$

Nous pouvons remarquer que, faisant $m=1$, nous obtenons l'équation différentielle signalée dans notre Note citée en référence (a).

L'équation réduite, obtenue en annulant la quantité $1/T$ dans l'expression différentielle (1) a été résolue arithmétiquement par D. R. Hartree qui préfère la fonction inconnue y de la variable x, définie par

$$y(x) = -\sqrt{\frac{m+1}{2}}\,\psi(\eta); \qquad x = \sqrt{\frac{m+1}{2}},$$

le paramètre choisi étant $\beta = 2m/(m+1)$.

HYDRAULIQUE. — *Sur l'étude graphique d'oscillations forcées dans un tuyau couplé à des systèmes oscillants.* Note [1] de M. **Roger Kling** présentée par M. Jean Cabannes.

Le problème se pose dans les dispositifs d'injection mécanique de combustibles liquides pour moteurs à combustion interne, la pompe étant le plus souvent reliée à l'injecteur par une tuyauterie de longueur telle qu'il n'est pas possible de négliger les phénomènes de propagation.

En général, le dispositif se compose d'une tuyauterie de section constante, dont l'élasticité propre est négligeable, à l'une des extrémités de laquelle la loi de variation du débit est imposée par le profil d'une came commandant le mouvement du piston P de la pompe. A l'autre extrémité, une aiguille A formant soupape, chargée par un ressort R, règle l'admission du combustible à l'orifice O; la section σ d'écoulement par cet orifice est une fonction de la position de l'aiguille. Il est nécessaire en outre de tenir compte de l'influence d'une capacité $V = V_1 + V_2$ et de celle d'une soupape de retenue r. Enfin, le début et la fin du refoulement étant déterminés par le piston P lui-même, masquant ou démasquant l'orifice d'admission a, il en résulte des effets d'étranglement qui accroisssent la durée du refoulement.

La loi imposée pour le débit en B étant très éloignée d'une loi sinusoïdale, la solution analytique complète du problème présente des difficultés insurmontables. Une solution approchée peut être obtenue par la méthode d'approximation graphique de M. Louis Bergeron [2].

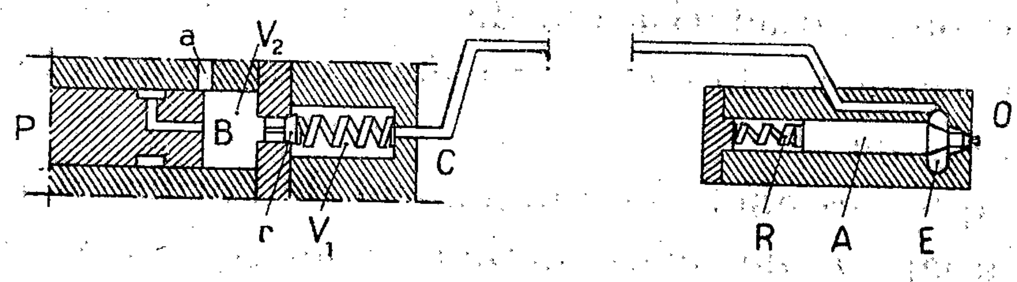
Cette méthode, appliquée jusqu'ici principalement à l'étude des surpressions

---

[1] Séance du 16 juin 1947.

[2] *Mémoires de la Société des Ing. Civ. de France*, fasc. 4, 1937, p. 407.

dans les conduites forcées ([3]), permet de déterminer de proche en proche sur un graphique débit-pression (Q, P) les états successifs du fluide en des points quelconques de la conduite, si l'on connaît l'état initial et les conditions imposées aux limites. Ici l'état initial est un état de repos et la condition



imposée en B est, $Q_B = Q(t)$, fonction connue du temps. Pour tenir compte de la capacité V, il suffit d'écrire l'équation de continuité : $Q_B = Q_c + \chi V\, dP/dt$, ($\chi$ coefficient de compressibilité adiabatique du liquide), soit pour un petit intervalle de temps $(i-1, i) = \Delta t$ choisi comme unité :

$$Q_c^i = Q_B^i - K(P^i - P^{i-1}) \qquad \left(\text{avec } K = \frac{\chi V}{\Delta t}\right).$$

Cette relation, linéaire entre Q_c^i et P^i, si P^{i-1} est connu, est représentée sur le graphique (Q, P) par une droite dont le point d'intersection avec la droite caractéristique correspondant à l'onde parvenant en C à l'instant i donne l'état du fluide à cet instant.

A l'extrémité aval, tant que $P_E < p_0$ (p_0, pression d'ouverture), on a $Q = 0$. Lorsque $P_E > p_0$, l'équation du mouvement de l'aiguille est

$$\text{(1)} \qquad \frac{M}{s}\frac{d^2x}{dt^2} + \frac{C\,dx}{s\,dt} + \frac{F}{s} = P_E$$

(x déplacement de l'aiguille, M masse en mouvement, C coefficient de frottement, F force exercée par R, s section soumise à la pression), soit de la forme $P_1 + P_2 + P_3 = P_E$. Le premier terme s'écrit en remplaçant P_1 par sa valeur moyenne dans l'intervalle $(i-1, i)$,

$$P_1^i = -P_1^{i-1} + K_1(q^i - q^{i-1}), \qquad \text{avec} \quad K_1 = \frac{2M}{s^2\,\Delta t}, \qquad q = \frac{s\,dx}{dt},$$

équation d'une droite D_1^i.

De même le second terme s'écrit $P_2 = K_2 q$, équation d'une droite D_2.

Quant au troisième, en tenant compte des phénomènes de propagation dans le ressort, il lui correspond une droite D_3^i.

L'équation (1) conduit à tracer la droite Δ^i obtenue en ajoutant pour une même valeur de l'abscisse q les ordonnées de D_1^i, D_2 et D_3^i. Tant que l'écoulement n'a pas commencé, l'intersection de Δ^i avec la droite caractéristique de l'onde parvenant en E à l'instant i fait connaître l'état du liquide en E à cet instant.

([3]) Voir, par exemple, L. Escande, *Comptes rendus*, 18, 1944, p. 386.

Lorsque l'orifice est ouvert, la condition $P_E = k^i(q')^2$ [avec $k^i = \rho/2(\sigma_i)^2$, q' débit de l'orifice] est représentée par une parabole Π^i, et la condition, $Q_E = q + q'$, conduit à tracer la parabole $(\Pi')^i$ obtenue en ajoutant les abscisses de Π^i et de Δ^i pour une même valeur de l'ordonnée P_E et à prendre son intersection avec la droite caractéristique de la tuyauterie. Des approximations successives sont nécessaires, la section σ^i n'étant connue qu'à l'instant $i - 1$ lors de la recherche du point i.

Pour tenir compte des effets d'étranglement de l'orifice d'admission *a* et de l'inertie de la soupape *r*, des constructions analogues aux précédentes sont applicables.

CHALEUR. — *Sur une relation approximative entre l'amplitude diurne de variation de température et la radiation journalière globale sur une surface horizontale.* Note de M. **Hippolyte Parodi**, présentée par M. Albert Caquot.

Des essais effectués à la Compagnie du Chemin de fer d'Orléans, il y a une vingtaine d'années, sur des voitures munies du chauffage électrique à 1500 volts, courant continu, ont montré que l'échauffement de l'air interne variait non pas proportionnellement à la puissance de chauffage W, mais suivant la loi empirique

$$\theta = k W^{\alpha},$$

l'exposant α étant voisin de 0,5 pour la plupart des véhicules essayés.

Les puissances de chauffage ont varié pendant ces essais de 60 à 360 watts par mètre cube. Dans des essais effectués sur des locaux de construction normale, nous avons trouvé des valeurs de l'exposant α comprises entre 0,4 et 0,8. Ce résultat expérimental est en contradition formelle avec les règles admises par les techniciens pour les études pratiques de chauffage des locaux. Il était donc intéressant d'examiner si ce résultat n'était pas applicable à d'autres cas, par exemple au phénomène naturel de chauffage de l'air par le rayonnement solaire, chauffage réalisé en très grande partie par l'intermédiaire du sol fonctionnant à la fois comme accumulateur et comme radiateur de chaleur.

Nous avons donc cherché à déterminer comment variait le rapport

$$\frac{\Delta\theta}{\int \sqrt{W}\, dt},$$

W étant la puissance instantanée de la radiation et $\Delta\theta$ l'amplitude journalière des températures.

Ces calculs étant fort longs, nous les avons simplifiés en déterminant d'abord la valeur de la radiation globale journalière déduite des relevés effectués au

Parc Saint-Maur de 1928 à 1946 et en calculant le rapport $10\,\Delta\theta/\sqrt{q}$ pour les différents mois de l'année.

Nous avons, ensuite, corrigé ce rapport en déterminant, pour chaque mois, un coefficient de correction $\sqrt{q}\Big/\int\sqrt{W}\,dt$, en partant des valeurs moyennes de W aux différentes heures de la journée pour le mois considéré. Les calculs des coefficients de correction ont été effectués pour l'année 1946, considérée comme normale. Les variations de ce rapport sont dues, en majeure partie, aux variations des durées d'insolation.

Le tableau ci-dessous montre que le rapport $\Delta\theta\Big/\int\sqrt{W}\,dt$ varie relativement peu alors que le rapport $q/\Delta\theta$ varie d'un mois à l'autre et d'une année à l'autre d'environ 300 à environ 2000.

Les variations de $\Delta\theta/\sqrt{q}$ pour tous les mois et toutes les années de la période considérée 1928-1946 sont assez notables mais elles se groupent bien par rapport aux valeurs moyennes sauf quelques points anormaux; elles ne dépassent pas ± 20 %.

Mois.	$\Delta\theta$ (°).	Q mensuel.	q journalier moyen.	$\sqrt{q}$.	$\frac{10\,\Delta\theta}{\sqrt{q}}$.	Coefficient année 1946 $\frac{\sqrt{q}}{\int\sqrt{W}dt}$.	Valeur corrigée $\frac{10\,\Delta\theta}{\sqrt{q}}\cdot\frac{\sqrt{q}}{\int\sqrt{W}dt}$.
Janvier...	5,55	2378	76,7	8,75	0,633	0,88	0,555
Février...	6,62	3749	133,8	11,50	0,575	0,97	0,557
Mars.....	9,54	7837	252,8	15,90	0,600	1,05	0,640
Avril	10,30	10327	344,2	18,50	0,556	1,13	0,640
Mai......	10,50	18637	439,9	21,00	0,500		
Juin	10,80	14734	491,1	22,20	0,485	1,20	0,580
Juillet ...	10,50	14400	464,5	21,50	0,489		
Août	10,70	12082	389,7	19,70	0,544	1,10	0,595
Sept.	10,30	8919	297,3	17,20	0,599	1,03	0,617
Octobre..	8,20	5444	173,6	13,20	0,620	0,95	0,590
Nov......	6,20	2620	87,3	9,35	0,662	0,85	0,560
Déc......	5,10	1945	62,7	7,91	0,645	0,89	0,575

Les expériences de M. Godard [1], faites sur des sols de limon soumis à des radiations plus ou moins tamisées, ont fourni des valeurs corrélatives de l'amplitude de la température superficielle du sol $\Delta\theta$ et de la radiation globale q. L'examen du tableau ci-après montre que, conformément à notre règle approximative, le rapport $\Delta\theta/\sqrt{q}$ ou, ce qui revient au même, $\Delta\theta/\sqrt{f}$, a bien à peu près la même valeur pour les expériences faites.

---

[1] *Comptes rendus*, **219**, 1944, p. 624.

	Parcelle recevant une fraction f de la radiation.		
	100 %.	50 %.	35 %.
Radiation reçue du lever du Soleil à 13h (q).....	353	177	123
Amplitude de la température superficielle ($\Delta\theta$)...	38,8	27,5	23,7
Valeur de $\sqrt{f}$.....	10	7,06	5,9
» $\Delta\theta/\sqrt{f}$.....	3,88	3,89	4,01

Des vérifications de notre règle sont en cours pour d'autres laboratoires que le Parc Saint-Maur; elles permettront de voir si la valeur de 0,5 admise pour l'exposant α est bien celle qui correspond au minimum de variation du rapport $\dfrac{\Delta\theta}{\int W^\alpha\, dt}$.

ÉLECTROMAGNÉTISME. — *Bruit de fond électromagnétique dû aux vagues de la mer.* Note de M. **Yves Rocard**, présentée par M. Jean Cabannes.

En vue de la réception de certains signaux radioélectriques faibles, j'ai été conduit à remarquer que l'agitation de la mer était une cause de bruit électromagnétique, du fait que des éléments conducteurs se déplacent dans le champ magnétique terrestre. Soit l une certaine longueur de houle prise parallèlement aux rouleaux, soit dS une section transversale : l'élément de volume $l d$S de la houle voit naître une force électromotrice d'induction

$$E = H l v_0 \sin\left(\omega t - \frac{2\pi x}{\lambda}\right),$$

H étant la composante verticale du champ magnétique terrestre, avec $v_0 = r\omega$ si $2r$ est l'amplitude totale de la houle et ω la vitesse angulaire du cercle qui roule avec la houle, de longueur d'onde λ ou, si l'on préfère, la pulsation de la houle examinée en un point fixe. Cette force électromotrice fait passer un courant qui se referme ailleurs dans la mer de résistance d'abord négligeable, mais repasse dans l'élément qui constitue pratiquement toute la résistance

$$r = \rho \frac{l}{dS},$$

du circuit; d'où, pour le courant $i = E/r$,

$$i = \frac{Hr\omega}{\rho} \sin\left(\omega t - \frac{2\pi x}{\lambda}\right) dS.$$

Mais la houle voit son amplitude diminuer avec la hauteur selon une loi exponentielle. Soit h la hauteur efficace de houle, dx une largeur prise dans la direction de la propagation de la houle,

$$dS = h\, dx.$$

Nous aurons en ampères (avec ρ en ohms par cm^3)

$$i = \frac{H}{\rho} rh\omega\, 10^{-8} \sin\left(\omega t - \frac{2rx}{\lambda}\right) dx.$$

Ce courant qui parcourt l'épaisseur dx en x produit à l'origine $x = 0$ un champ magnétique qui vaudrait,

$$dh_1 = \frac{H}{\rho} rh\omega\, 10^{-9} \sin\left(\omega t - \frac{2\pi x}{\lambda}\right) \frac{dx}{x},$$

si le courant était concentré dans un fil, mais nous avons expliqué qu'il occupait la hauteur h. Une intégration approchée nous donne un ordre de grandeur du champ total

$$H_1 \sim \frac{H}{\rho} \pi rh\omega\, 10^{-9} \sin \omega t.$$

La force électromotrice de bruit dans un récepteur quelconque sera proportionnelle à dH_1/dt, dont l'amplitude est de l'ordre de $dH_1/dt \sim (H/\rho)\, \pi rh\omega^2\, 10^{-9}$.

Si la houle n'est pas sinusoïdale, le nombre d'harmoniques dans la bande de fréquence $\Delta\nu$ est $2\pi\Delta\nu/\omega$ et l'amplitude de l'harmonique à la fréquence ν peut être supposée environ $(\omega/2\pi\nu)^2$ fois celle du fondamental.

Si ν est la fréquence de l'harmonique n de la houle, il faut remplacer ω^2 par $n^2\omega^2$ dans la formule précédente et multiplier par

$$\left(\frac{\omega}{2\pi\nu}\right)^2 = \frac{1}{n^2},$$

pour tenir compte de la nouvelle amplitude; les deux effets se compensent, ce qui amène à conclure qu'avec la distribution d'amplitude en $1/n^2$ on aura autant de bruit sur chaque harmonique. Composant alors au hasard les amplitudes de bruit des harmoniques de la bande $\Delta\nu$, nous obtenons

$$\left(\frac{dH}{dt}\right) \sim \frac{H}{\rho} \pi rh\omega_0^2\, 10^{-9} \sqrt{\frac{2\pi\Delta\nu}{\omega_0}},$$

où ω_0 est la pulsation de la houle.

Numériquement : $\rho = 22$ ohms $\times$ cm/cm^2, $H = 0{,}5$ gauss, $r = 3^m$, $h = 8^m$, $\omega_0 \sim 2$ nous donnerait, en gauss par seconde,

$$\frac{dH}{dt} = 1{,}2 \,.\, 10^{-4} \sqrt{\Delta\nu}.$$

A partir de cette valeur de dH/dt, caractéristique d'un état de mer déjà agitée, on peut calculer les signaux de bruits qui naîtraient dans un aérien donné. Il serait d'ailleurs imprudent d'appliquer la formule en haute fréquence parce que notre distribution d'harmoniques de la houle n'y présente pas de sens, mais dans certains cas particuliers, en basse fréquence, on trouve que le bruit de fond dont nous venons de signaler l'origine est à considérer.

OPTIQUE. — *Sur les variations des biréfringences avec la longueur d'onde et la température*. Note de M. **Marc Barbaron**, présentée par M. Aimé Cotton.

J'ai montré [1] qu'on utilisait deux types de formules de dispersion de biréfringence, ce qui revenait à classer schématiquement les biréfringences dans le domaine visible en deux types suivant que, dans l'ultraviolet, le spectre ordinaire du corps présente par rapport au spectre extraordinaire des dissymétries de position ou d'intensité. En appelant B la biréfringence et en posant $R = (n^2 - 1)/(n^2 + 2)$ les deux formules types sont :

$$B = K.R^2 \frac{(n^2+2)^2}{n} \quad \text{et} \quad B = K'R \frac{(n^2+2)^2}{n},$$

dont la première est équivalente à la formule de Havelock, la deuxième à celle de Servant [2].

Un simple calcul d'après les données expérimentales permet de déterminer quelle formule est préférable pour un corps : pour une biréfringence artificielle il est facile de comparer la constance de B/R à celle de B/R^2 ; pour une biréfringence naturelle, celle de Re/R_0 à celle de $(1/R_0) - (1/Re)$.

On trouve généralement que la deuxième formule est satisfaisante ou préférable à la première. Les dissymétries d'intensité des bandes d'absorption sont donc la cause principale des biréfringences. C'est encore le cas, malgré les apparences, de cristaux dichroïques (cinabre) où le décalage entre les limites d'absorption des rayons ordinaire et extraordinaire amènerait plutôt à imaginer un décalage des fréquences d'absorption. Il ne se trouve pas d'exemple d'un simple décalage. Il doit cependant exister un exemple de ce premier type de biréfringence, celui de la biréfringence diamagnétique d'un corps solide telle qu'elle fut prévue par Voigt, mais qui n'est pas mesurable, et dont la cause est vraiment un décalage $\pm \Delta\nu$ de l'ensemble des spectres.

Il y a donc lieu de remplacer généralement la formule de dispersion de Havelock par la nouvelle formule

$$B = K' \frac{(n^2-1)(n^2+2)}{n},$$

alors que celle de Havelock est équivalente à $(n^2-1)(n^2+2)/n(\nu_0^2 - \nu^2)$.

L'expression nouvelle contient implicitement l'influence de la densité d.

Elle donne non seulement la dispersion en λ, *mais aussi grossièrement la variation avec la température*. Elle donnerait celle-ci correctement si R/d en était indépendant, ce qui n'est qu'approximatif, et si R_e/R_0 par exemple, ne dépendait pas du tout de λ.

---

(1) *Comptes rendus*, 223, 1946, p. 944.

(2) *Journ. de Phys.*, 4, 1943, pp. 105-119.

Cette formule de dispersion est valable pour les biréfringences par orientation moléculaire. Il se trouve que la théorie de Langevin conduit d'ailleurs à cette même fonction de l'indice. C'est à tort (et *par erreur* si on la considère comme fonction de λ) qu'on la transforme toujours ([3]) en $(n^2+2)^2\,d/n$, pour simplifier, ou en $(n^2-1)^2/nd$ pour retrouver l'expression de Havelock.

La supériorité de la nouvelle formule dans bien des cas ressort des calculs effectués par R. Servant. Pour d'autres corps où aucun des deux schémas de dissymétrie n'est satisfaisant (calcite), les nombres expérimentaux sont compris entre les nombres théoriques qui résultent des deux formules. En résumé, on peut dire approximativement que les biréfringences sont souvent plus près de varier en n^2-1 qu'en $(n^2-1)^2$.

Il serait intéressant d'étudier (*en lumière polarisée pour les substances biréfringentes*), les spectres d'absorption jusqu'à l'ultraviolet lointain, et leur évolution avec la température. Souvent les mesures d'indices de réfraction en fonction de la température manquent aussi pour de telles interprétations théoriques. Aussi ai-je entrepris de contribuer à combler ces lacunes.

IONS DANS LES GAZ. — *Aérosols de barbotage et moment électrique moléculaire du liquide*. Note ([1]) de M. **Gérard Vassails**, présentée par M. Aimé Cotton.

Vers 1910 de nombreux expérimentateurs, notamment M. Maurice de Broglie, ont étudié l'ionisation gazeuse par barbotage, écrasement de gouttes, pulvérisation ou agitation des liquides. De leurs travaux il a résulté la classification des liquides en trois catégories. La première comprend ceux qui mettent en suspension dans le gaz un aérosol entièrement chargé, la seconde un aérosol entièrement neutre mais « chargeable », c'est-à-dire capable, si l'on ionise par un rayonnement γ ou X, le gaz qui le contient, de capturer des petits ions pour transformer une fraction de ses particules en gros ions. M. Maurice de Broglie mit en évidence également, chez les liquides de la première catégorie, une remarquable anomalie : lorsqu'on expose au rayonnement γ l'aérosol chargé issu du barbotage, les petits ions produits par le rayonnement neutralisent cet aérosol, à cause de leur recombinaison avec ses particules de signe adverse, mais ensuite, une fois devenues neutres, et contrairement à ce qui se passe avec les liquides de la deuxième catégorie, ces particules se révèlent inaptes à capturer de nouvelles charges; tout se passe comme si, au contact des petits ions, elles avaient purement et simplement disparu.

« Jusqu'à présent, écrivait Maurice de Broglie en 1909, rien de bien net ne permet de *prévoir* dans quelle catégorie se rangera un corps (liquide) donné. »

([3]) Sauf R. Servant et aussi Goldet (*Annales de Physique*, 10, 1938, p. 193) qui utilisent la formule correcte pour éliminer la densité.

([1]) Séance du 9 juin 1947.

Il notait cependant que les liquides de la première catégorie possèdent le pouvoir ionisant. Or, il semble qu'aujourd'hui cette discrimination soit rendue possible par la considération des moments électriques permanents des molécules liquides. Voici, en effet, la valeur de cette grandeur pour les corps étudiés par Maurice de Broglie :

1re catégorie.	Moment $.10^{18}$.	2e catégorie.	Moment $.10^{18}$.
Eau	1,83	Benzène	0
Acide sulfurique	?	Pentane	0
Alcool méthylique	1,69	Hexane	0
» éthylique	1,67	Toluène	0,35
Aldéhyde éthylique	2,69	Xylène *para*	0 ou 0,12
Acétone	2,95	» *ortho*	0,58
Aniline	1,51	» *méta*	0,37
Phénol (dissous dans C_6H_6)	1,57	Chloroforme	0,99
		Essence de térébenthine	?
		Tétrachlorure de carbone	0
		Sulfure de carbone	0

Manifestement, ce sont les molécules à forte polarité qui donnent au barbotage un aérosol entièrement chargé, les autres produisant au contraire un aérosol neutre et *chargeable*.

J'ai effectué quelques expériences de contrôle sur des liquides non étudiés par Maurice de Broglie. Certains ont vérifié la prévision, d'autres comme le nitrobenzène et le mésitylène n'ont produit ni corpuscules chargés ni corpuscules *chargeables*. Mais Maurice de Broglie avait rencontré une troisième catégorie de liquides présentant cette anomalie (huile de vaseline, glycérine, mercure). Cette catégorie grouperait, pour des raisons à élucider, des corps aussi bien de moment permanent élevé (nitrobenzène, glycérine) que faible (huile de vaseline, mésitylène, mercure). Il faudrait discriminer si le barbotage dans ces liquides ne donne pas d'aérosol de pulvérisation, ou si celui-ci est très instable, ou s'il est inapte à capturer des ions.

Les particules de ces aérosols sont en effet, selon toute probabilité, constituées par des microgouttelettes, et c'est le double problème de la stabilité de ces gouttelettes et de leur pouvoir d'adsorber des ions sur leur surface qui se trouve posé dans l'explication de ces phénomènes. On peut concevoir, par exemple, qu'une molécule fortement polaire soit plus facile à rompre en deux ions au cours de la pulvérisation du liquide. Les microgouttelettes obtenues seront alors chargées ; dipôles et ions s'ordonnant par les forces électrostatiques, la structure de la goutte ressemblera à celle d'un cristal à réseau d'ions. Au contraire, si la polarité moléculaire est faible, les gouttes seront neutres, leur cohésion sera assurée surtout par les forces de Van der Waals et par les attractions entre dipôles locaux (réseau moléculaire). Or la volatilité d'un liquide dépend beaucoup de la polarité et de la polarisabilité de sa molécule. Elle est plus

grande pour les réseaux de molécules que pour les réseaux d'ions; il n'est donc pas impossible que la neutralisation d'une très petite goutte chargée, en détruisant un réseau d'allure ionique, provoque la vaporisation. Celle-ci, d'ailleurs, est d'autant plus rapide que le rayon de la microgouttelette est petit. Dans le cas de l'eau pure, il est effectivement très faible (4 à $5,10^{-7}$ cm). Dans ces conditions, il n'est pas improbable que les gros ions du barbotage dans l'eau distillée ne soient stables qu'électrisés, et qu'ils puissent se volatiliser aussitôt neutralisés par les petits ions du rayonnement γ.

Quant à l'aptitude d'une gouttelette neutre à adsorber des ions, elle dépendra non seulement de la polarité totale de la molécule ainsi que de sa polarisabilité dans le champ de l'ion, mais aussi de la manière dont les molécules se disposeront à la surface de la goutte. Elles peuvent en effet présenter vers l'extérieur de cette surface des dipôles locaux dont les effets s'ajouteront ou au contraire s'annuleront mutuellement, ou bien présenter une extrémité dépourvue de champ extérieur. L'état d'*association* du liquide peut en particulier influer : on sait que des molécules fortement polaires peuvent s'associer en groupes astatiques. Peut-être est-ce le cas des liquides de la 3e catégorie, dont les gouttelettes seraient alors inaptes à adsorber des charges.

Quoi qu'il en soit, ces remarques montrent qu'une étude systématique de la relation entre le comportement d'un liquide au barbotage et les moments électriques de ses molécules doit se montrer fructueuse.

PHOTOGRAPHIE. — *Sur l'origine de la sensibilité spectrale des émulsions photographiques dans l'ultraviolet.* Note de Mme **Arlette Vassy** et M. **Étienne Vassy**, présentée par M. Jean Cabannes.

Dans une récente Note (1), nous avons exposé les modifications que subissait une émulsion Lippmann non chromatisée au bout d'un certain temps de stockage et montré en particulier que la sensibilité spectrale augmente d'une façon importante (d'autant plus importante que la maturation a été plus poussée) dans une étroite région du spectre.

Nous avons repris la même étude sur une émulsion commerciale, positive, utilisée pour les films de cinéma. Les plaques étaient spécialement fabriquées pour nous par la Société Kodak-Pathé, et nous en prenions possession le jour même de leur émulsionnage.

En effet, nous avions dans un précédent travail (2) étudié la sensibilité spectrale de cette émulsion après stockage et trouvé une courbe présentant un important maximum à 3800 Å, suivi vers les courtes longueurs d'onde d'une diminution rapide de la sensibilité. Ce résultat en apparence contraire à

(1) A. Vassy, P. Schonne et E. Vassy, *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 910

(2) A. Vassy, R. Pinoir et E. Vassy, *Science et Ind. Phot.*, 26, 1945, p. 249.

la loi d'Einstein, et qui se retrouve avec les émulsions chromatisées, est jusqu'ici resté inexpliqué.

Nous avons donc étudié l'émulsion au cours de son vieillissement; dans les premiers jours, de 0 à 20 jours, la sensibilité spectrale (correspondant à des densités de 0,10 à 0,50) s'amorce à 5000 Å et va en croissant vers les courtes longueurs d'onde jusqu'à 2500 Å où s'arrêtent nos mesures. Donc, comme pour les émulsions Lippmann fraîches, cette sensibilité s'explique parfaitement par la courbe d'absorption du sel d'argent de l'émulsion.

Au bout de deux mois la courbe de sensibilité pour les mêmes densités s'est modifiée; vers 3500 Å apparaît un épaulement indiquant un léger accroissement de sensibilité. Au bout de trois mois et demi, la courbe présente un large maximum allant de 3500 à 4500 Å; à 4000 Å, la sensibilité est plus de deux fois la sensibilité à 3250 Å.

Pour la densité 0,90, voisine de la densité 1,00 choisie dans la précédente étude [2], on ne constate aucune évolution remarquable, la courbe présentant un maximum à 3700 Å, d'ailleurs plus aplati que celui que nous avions trouvé; mais les révélateurs étant différents, les résultats ne peuvent être rigoureusement comparables

Pour les faibles densités, l'apparition de cette bande de sensibilité sur le bord de la bande d'absorption caractéristique du bromure d'argent fait penser immédiatement à la bande U découverte par Hilsch et Pohl [3], sur les cristaux d'halogénures alcalins. Il n'a pas été fait d'étude de la bande U dans les émulsions au bromure d'argent, mais on doit remarquer que la bande de sensibilité que nous avons vu se former se place, comme la bande U, sur le bord de grande longueur d'onde de la bande d'absorption du Br Ag.

Malgré de nombreux travaux, la formation de cette bande Y et des centres U correspondants est encore mal connue; on sait toutefois que la température joue un rôle important dans sa formation; la présence de traces d'impuretés, hydrogène, ions nitrate, etc., intervient également. Il apparaît nettement dans nos expériences que la bande est d'autant plus marquée que la maturation est plus poussée, cette maturation ne faisant qu'amorcer un phénomène qui se développe ensuite au cours du stockage. Il est difficile d'entrer davantage dans le mécanisme de production de cette bande de sensibilité puisque les auteurs ne sont pas d'accord sur la nature des centres U.

Quant à la sensibilité pour les fortes densités, elle n'est pas susceptible de prime abord de la même explication puisque l'émulsion fraîche donne le même résultat que l'émulsion stockée. La variation de sensibilité spectrale avec la densité (ou plus exactement avec l'intensité de la lumière employée) peut être attribuée à l'une des causes suivantes : ou bien la formation du germe de développement est gênée aux fortes intensités par la charge négative immédia-

---

([3]) *Göttingen Nachrichten*, 1933 et 1936.

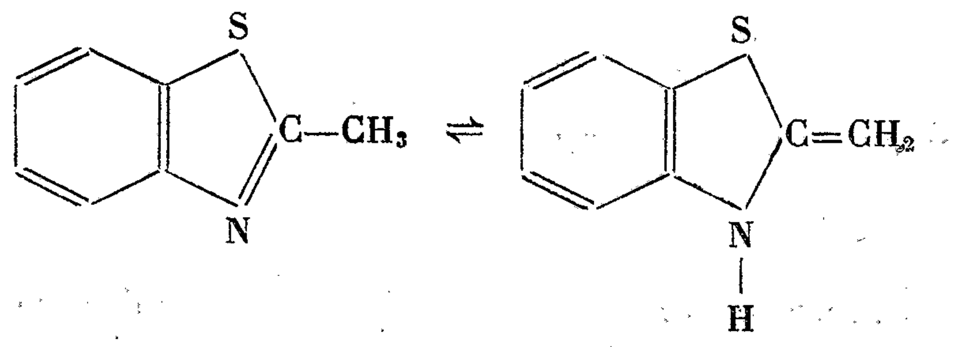
tement constituée sur le centre d'attraction et cela d'autant plus que le grain de BrAg est plus photo-sensible, c'est-à-dire que la longueur d'onde est plus courte, ou bien le déplacement des électrons libérés se fait d'autant plus mal et par suite les germes ont d'autant plus de mal à se former que le volume dans lequel ils sont libérés est plus petit. Or quand la longueur d'onde diminue, l'épaisseur que peut atteindre la lumière diminue rapidement; la présence dans un réseau cristallin d'un grand nombre d'électrons hors de leur place normale, en modifiant la répartition du potentiel, doit modifier la conductibilité photoélectrique du cristal. En fait, pour les courtes longueurs d'onde, certains auteurs ont constaté qu'il n'y avait pas de conductibilité photoélectrique.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Variation de la réfraction moléculaire en fonction de la température. Application à un cas de tautomérie.* Note [1] de M. **Jacques Metzger**.

La variation, en fonction de la température, de la réfraction moléculaire (R) d'un corps pur peut être représentée, en première approximation, par une droite dont l'équation se calcule aisément. Si un composé présente une courbe $R(t)$ différente de celle que l'on obtient par le calcul, on peut admettre que son comportement thermique est celui d'un *mélange* dont les caractéristiques sont fonction de la température.

Nous avons développé d'autre part [2] les raisons qui nous laissent présumer l'existence d'un équilibre tautomère pour le 2-méthylbenzthiazole [sans préjuger, pour autant, des possibilités que présente ce composé vis-à-vis des phénomènes de mésomérie, au sens de B. Eistert [3]]. Or la courbe expérimentale $R(t)$, obtenue avec cette substance, est loin de présenter l'aspect d'une droite. Il est donc intéressant d'examiner une telle hypothèse à la lumière des considérations précitées.

Hypothèse de tautomérie. — Une tautomérie pure du 2-méthylbenzthiazole, abstraction faite des possibilités de mésomérie, peut être représentée par le schéma suivant :



(I). (II).

[1] Séance du 30 juin 1947.

[2] Ch. Courtot et J. Metzger, *Bull. Soc. Sc. de Nancy, N. S.*, 6, pp. 3 et 49.

[3] *Tautomerie und Mesomerie*, Stuttgart, 1938.

Calcul des réfractions moléculaires théoriques pour ces deux molécules. — En combinant les données réfractométriques de K. v. Auwers et ses collaborateurs ([4]) et celles de Eisenlohr ([5]) sur les incréments atomiques de l'atome d'azote hétérocyclique et ceux des doubles liaisons endo- et semi-cycliques, on obtient pour les composés (I) et (II) les réfractions moléculaires suivantes, données ici uniquement pour la raie D du sodium, et correspondant à une température de 20° : $R_I = 44,276$ et $R_{II} = 44,861$.

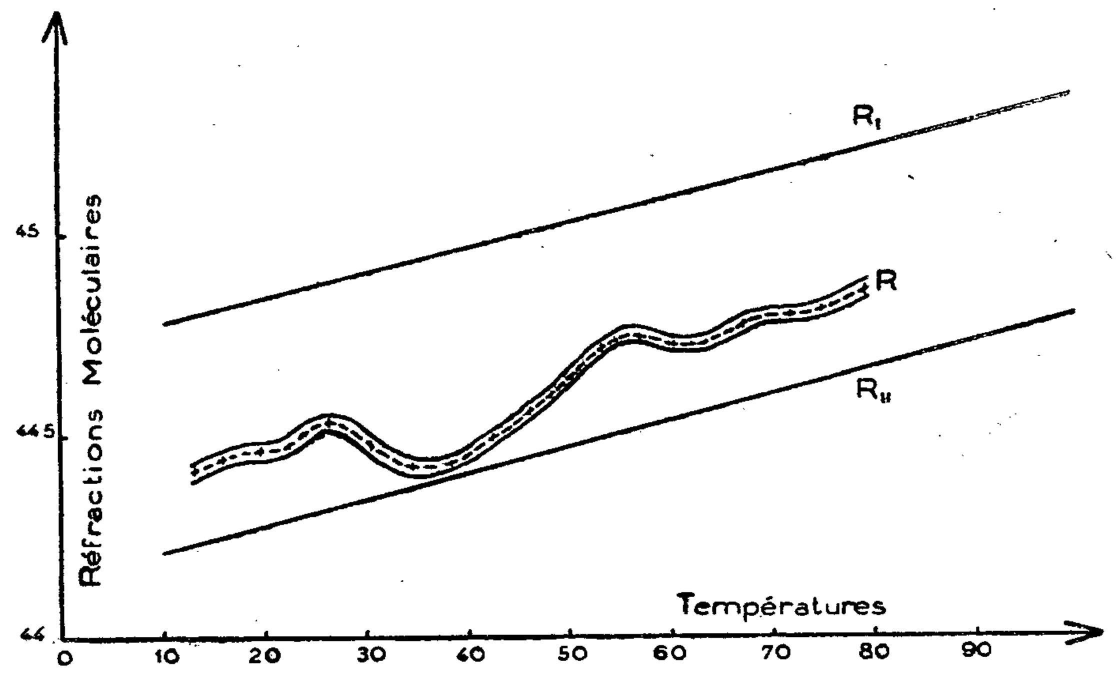
Calcul de l'équation des droites $R_I(t)$ et $R_{II}(t)$. — En remplaçant dans la formule de Lorentz-Lorenz l'indice de réfraction n et la densité d par leur expression en fonction de la température, puis en développant en série, on aboutit finalement aux équations cherchées. Nous utiliserons les expressions $n(t)$ et $d(t)$ établies expérimentalement pour des composés cycliques voisins du 2-méthylbenzthiazole et dont la constitution ne dépend certainement pas de la température, ce sont ([6]) :

$$n_t^D = n_0^D - 0,490.10^{-3}t \qquad \text{et} \qquad d_t = d_0 - 0,925.10^{-3}t.$$

La méthode de calcul indiquée plus haut conduit aux équations

$$R_I^D(t) = 44,148 + 0,6472.10^{-2}t - 0,359.10^{-6}t^2 \qquad \text{avec} \quad \Delta R \leqq 0,0047.$$
$$R_{II}^D(t) = 44,719 + 0,7128.10^{-2}t + 0,214.10^{-6}t^2 \qquad \text{avec} \quad \Delta R \leqq 0,0055.$$

Mesures expérimentales.. — Elles sont traduites par le graphique suivant, dans lequel la courbe médiane figure l'ensemble des valeurs expérimentales



([4]) K. v. Auwers et Kholhaas, *Jour. für. pr. Ch.*, 2e série, **108**, 1924, p. 325; K. v. Auwers et B. Ottens, *Ber. d. Chem. Ges.*, **57**, 1924, p. 457.

([5]) *Zeits. für phys. Ch.*, **75**, 1911, p. 605.

([6]) Van der Hulst, *Tr. Ch. des Pays-Bas*, **54**, 1935, p. 518; Eykmann, *Tr. Ch. des Pays-Bas*, **14**, 1895, p. 185; Meyer et Heck, *Zeits. für phys. Ch.*, **100**, 1921, p. 316.

de $R^D(t)$, et les deux courbes extérieures les valeurs limites possibles pour $R^D(t)$, compte tenu des erreurs expérimentales. Précision : $\Delta R/R \leqq 0{,}06$ % ([7]).

Interprétation de ces résultats. — Dans l'hypothèse d'une tautomérie pure du 2-méthylbenzthiazole, ce composé pourrait être considéré comme le résultat d'un équilibre entre les deux formes (I) et (II), dont les proportions varieraient en fonction de la température. En vertu de l'additivité des réfractivités spécifiques, on pourrait même déduire de la courbe $R(t)$ la variation en fonctiou de la température de ces proportions. On constaterait ainsi que pour $30° < t < 50°$, le 2-méthylbenzthiazole répond à peu près uniquement à la formule (1), tandis que pour les températures extérieures à cet intervalle, il renfermerait environ 70 % de (1).

L'étude de la mésomérie relative à ce composé est en cours et apportera, nous l'espérons, la lumière sur le comportement assez inattendu de cette très importante matière première de l'industrie des sensibilisateurs photographiques.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur l'oxydation de l'aluminium en atmosphère humide.* Note ([1]) de MM. **Nicolas Cabrera** et **Jean Hamon**, présentée par M. Albert Pérard.

1. Il est bien connu que la vapeur d'eau a une influence très importante sur l'oxydation des métaux. MM. P. Morize et P. Lacombe ([2]) ont mis en évidence cette influence dans le cas de l'aluminium. Nous avons repris cette étude en employant la méthode suivante : des couches d'aluminium presque opaques (facteur de transmission $T \sim 0{,}05$) ont été préparées par évaporation dans un vide de 10^{-5} mm Hg. L'augmentation de T, due à l'oxydation de l'aluminium, a été ensuite mesurée pendant que ces couches étaient soumises à divers degrés d'humidité. L'épaisseur d d'aluminium attaqué peut être estimée d'après la formule

$$d = \text{const.} + \frac{\lambda}{4\pi k} \log_e T,$$

où λ est la longueur d'onde, k le facteur d'extinction de l'aluminium que nous prenons égal à ~ 6, et où l'on suppose la couche d'oxyde parfaitement transparente.

2. La figure 1 donne la variation de l'épaisseur d d'aluminium attaqué, en présence d'une atmosphère d'air contenant une pression de vapeur d'eau égale à 0; 0,25; 0,50; 0,75 et une fois la tension de vapeur saturante à 10°C.

([7]) Le réfractomètre de Pulfrich que nous avons utilisé a déjà servi à faire des mesures d'indices à des températures allant jusqu'à 140° (P. Peticolas, *Thèse*, Nancy, 1926, p. 80; M. Chaix, *Thèse*, Nancy, 1936, pp. 87-88; J.-P. Zwilling, *Thèse*, Nancy, 1938, p. 40). Les résultats de ces intéressantes mesures ont permis d'élucider des problèmes de structure.

([1]) Séance du 30 juin 1947.

([2]) *Comptes rendus*, 222, 1946, p. 658; *Journées des états de surface*, p. 242.

Ces courbes ont surtout un intérêt du point de vue relatif; la valeur absolue peut être erronée de ± $0^{m\mu},3$.

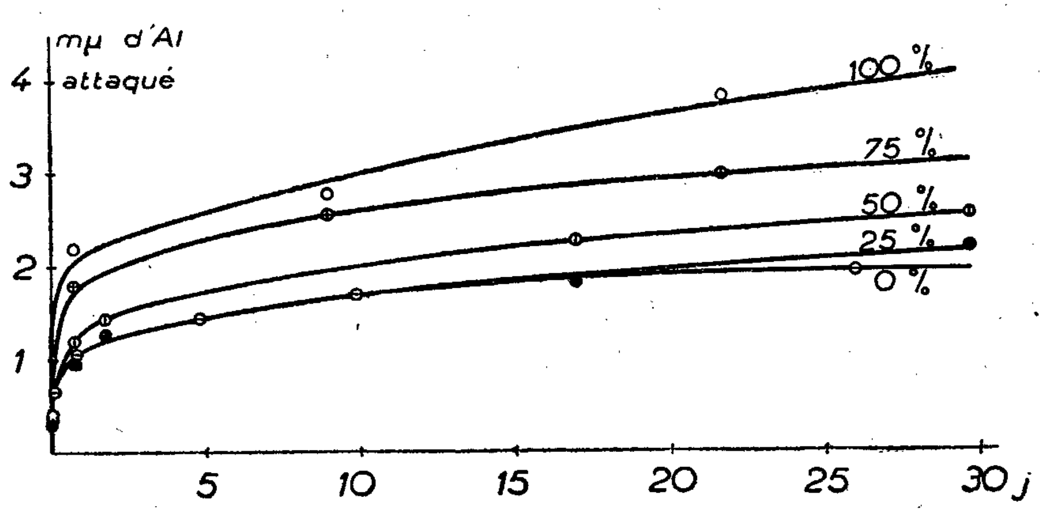


Fig. 1.

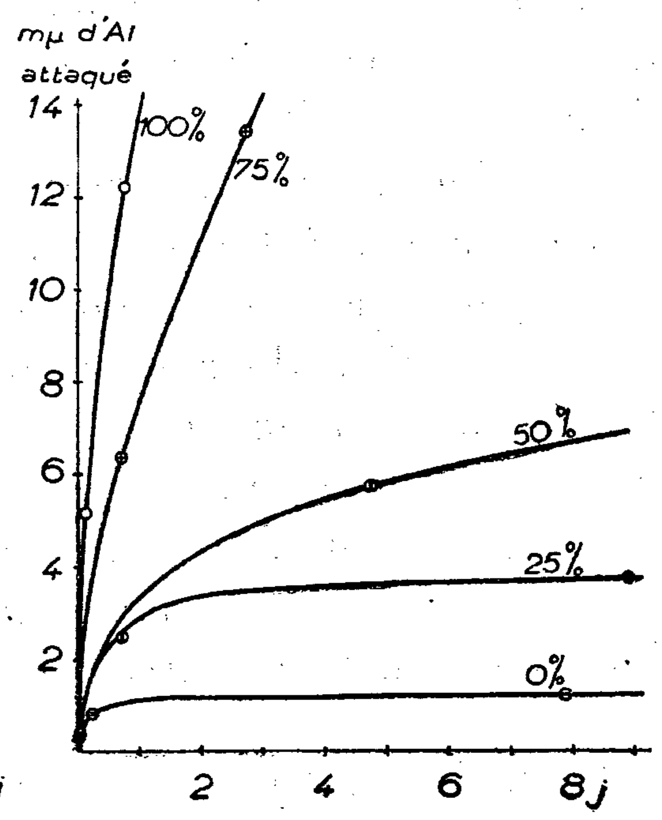


Fig. 2.

3. Il était aussi intéressant d'étudier l'influence de la vapeur d'eau sur l'oxydation en présence d'ozone. La figure 2 montre la variation en fonction du temps de l'épaisseur d d'aluminium attaqué, pour les mêmes degrés d'humidité que la figure 1. L'atmosphère d'ozone, très concentrée, a été produite par la méthode utilisée par M. Vassy (3). Dans une atmosphère sèche, l'oxydation de l'aluminium est la même en présence d'oxygène ou d'ozone (3), mais, pour une atmosphère humide l'influence est beaucoup plus sensible en présence d'ozone qu'en présence d'oxygène. Malheureusement, nous n'avons pas encore pu obtenir jusqu'à maintenant une uniformité parfaite lorsque l'attaque est assez profonde (plus de $5^{m\mu}$ d'aluminium), en raison peut-être des impuretés emprisonnées pendant l'évaporation de l'aluminium dans un vide imparfait.

4. Il est essentiel de connaître quelle est la composition de la couche formée. En présence d'air ou d'ozone sec, il se forme une couche d'oxyde Al_2O_3 anhydre, caractérisée par sa dureté malgré sa faible épaisseur. Par contre, en présence d'eau, la couche devient très molle; la différence est très nette entre une couche oxydée à haute température et une couche oxydée en présence d'ozone très humide, même si les épaisseurs d'oxyde sont du même ordre de grandeur. Nous en déduisons que, en présence de vapeur d'eau, il se forme une couche d'hydroxyde. Nous avons d'autre part essayé de transformer cette couche d'hydroxyde en oxyde anhydre, le résultat étant contrôlé seulement par le changement de la dureté de la couche. D'abord, un séjour prolongé dans une atmosphère sèche ou dans le vide n'a apporté aucun changement.

(3) N. Cabrera, J. Terrien et J. Hamon, *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 1558.

Ensuite, nous avons essayé de chauffer de plus en plus; pour les températures inférieures à 100° C., on constate une certaine augmentation de la dureté, mais celle-ci n'est pas encore comparable à celle des couches d'oxyde anhydre.

5. La théorie de l'oxydation de N. F. Mott (4), appliquée à l'aluminium en atmosphère sèche, suppose que les électrons passent facilement depuis la surface métal-oxyde jusqu'à la surface oxyde-air et créent un champ électrique qui permet aux ions Al_3^+ de sortir à leur tour du métal et de diffuser par les positions interstitielles de l'oxyde. Le même schéma est valable pour l'oxydation en présence d'ozone sec; l'oxydation est d'ailleurs indépendante de la pression d'oxygène ou d'ozone. Par contre, le fait que l'oxydation augmente en présence de vapeur d'eau et d'une façon qui dépend de la pression, prouve que les molécules d'eau adsorbées sur la surface hydroxyde-air sont facilement transformées en ions $(OH)^-$ et créent simultanément des nœuds réticulaires métalliques vides qui diffusent ensuite jusqu'au métal. Probablement les deux mécanismes de diffusion doivent continuer à jouer, le dernier ayant une plus grande importance en présence d'ozone qu'en présence d'oxygène. Cette façon de voir l'action de la vapeur d'eau sur l'oxydation des métaux doit avoir une portée générale.

CHIMIE THÉORIQUE. — *Structure électronique des carbures polyéthyléniques.* Note (1) de M. **Bernard Pullman**.

Pauling et Sherman (2) ont déterminé les énergies de résonance des hydrocarbures polyéthyléniques à chaîne linéaire $C_{2n}H_{2n+2}$ dans l'approximation consistant : 1° à admettre l'égalité des poids de toutes les formules monoexcitées et 2° à négliger les formules de degré d'excitation supérieur. Penney a calculé (3) dans la même approximation les coefficients de différents groupes de formules dans la fonction d'onde totale de la molécule.

Ces données permettent la construction des diagrammes électroniques de ces composés selon la méthode établie par R. Daudel et A. Pullman (4). Le diagramme moléculaire du butadiène dans son état fondamental et dans son état excité a déjà été donné par Mme A. Pullman (5); l'établissement des diagrammes analogues pour les carbures supérieurs permet de déterminer les modifications générales que subit la structure électronique de ce groupe de corps quand s'accroît le nombre de doubles liaisons conjuguées.

(4) *J. de Chim. Phys.* (sous presse).

(1) Séance du 16 juin 1947.

(2) *Journ. of Chem. Phys.*, **1**, 1933, p. 679.

(3) *Proc. Roy. Soc.*, A, **158**, 1937, p. 306.

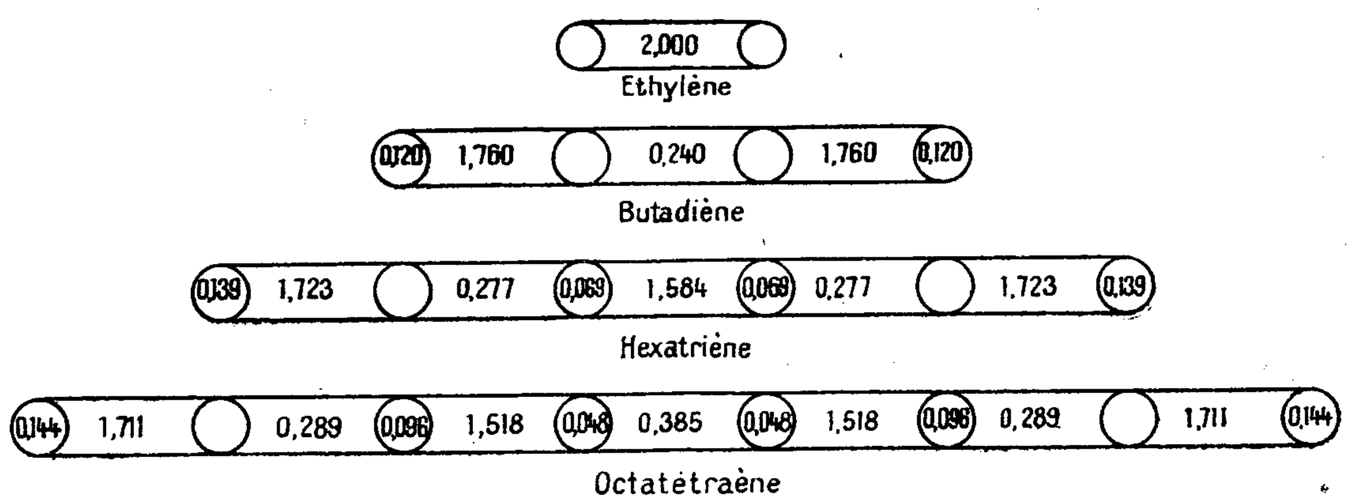
(4) *Comptes rendus*, **222**, 1946, p. 663; *Journal de Physique*, **7**, 1946, pp. 59, 74, 105.

(5) *Annales de Chimie*, **2**, 1947, p. 37.

Les poids des différentes classes de formules, tirés des équations de Penney, sont résumés dans le tableau suivant :

Composé	Formules inexcitées		Formules monoexcitées	
	Nombre.	Poids (%).	Nombre.	Poids (%).
Butadiène..............	1	88	1	12
Hexatriène.............	1	79,2	3	20,8
Octatétraène............	1	71,1	6	28,9

Les diagrammes de distribution des charges sont alors les suivants (les cercles indiquant les zones des carbones, et les cylindres les zones des liaisons).



Dans les limites d'approximation précitées on peut tirer de ces diagrammes les conclusions essentielles suivantes :

1° Bien que les formules inexcitées ne représentent qu'imparfaitement les corps examinés, les liaisons *doubles* de ces formules sont effectivement plus chargées que les liaisons *simples*;

2° Dans les carbures polyéthyléniques à trois doubles liaisons conjuguées et plus, les liaisons *doubles* extérieures sont plus chargées que les liaisons *doubles* intérieures;

3° Les charges des liaisons *doubles* diminuent et celles des liaisons simples augmentent en fonction du nombre de doubles liaisons conjuguées. On assiste à une tendance à l'uniformisation des charges des liaisons avec l'allongement de la chaîne.

4. Les carbones les plus chargés sont les carbones extérieurs et leur charge augmente en même temps que la molécule s'allonge.

Il est peu probable que des calculs de poids plus précis modifient ces conclusions en ce qui concerne les corps étudiés. Toutefois, dans les corps à très grand nombre de doubles liaisons conjuguées, l'importance croissante de formules polyexcitées pourrait apporter quelques modifications à ces règles.

Les résultats obtenus ici rejoignent en quelque sorte ceux de Penney ([3]), Lennard-Jones ([6]) et Coulson ([7]), sans qu'une correspondance stricte puisse être établie entre les grandeurs définies par ces auteurs et celles étudiées ici.

([6]) *Proc. Roy. Soc.*, A, 158, 1937, p. 280.

([7]) *Proc. Roy. Soc.*, A, **169**, 1939, p. 413.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur quelques dérivés 4-aminés de la quinaldine.* Note [1] de M. **André Meyer** et M[lle] **Geneviève Bouchet**, présentée par M. Marcel Delépine.

L'un de nous, en collaboration avec M[lle] Maurin [2] et M. Drutel [3] a étudié divers dérivés de la quinaldine. Ces recherches, interrompues par la guerre, avaient pour objet l'examen des relations entre les propriétes et la constitution de ces dérivés et éventuellement de leur action pharmacodynamique. Depuis cette époque, de nombreuses publications ont été faites en Angleterre et surtout aux États-Unis sur les antipaludiques du groupe de la quinoléine.

Mais les dérivés 4-aminés de la quinaldine, dont nous avions entrepris l'étude, offrent toujours un vaste domaine de recherches.

La présente Note a pour but de faire connaître nos premiers résultats depuis la reprise de nos travaux.

Comme dans les Notes précitées (Meyer et Drutel), pour préparer les dérivés 4-aminés, nous avons condensé la chloro-4 quinaldine avec des amines de classes très diverses, primaires ou secondaires. La méthode consistant à partir de l'amino-4 quinaldine, facilement abordable par le procédé de Backeberg et Marais (action de NH sur la chloroquinaldine dans le phénol bouillant), n'est pas praticable [4]. Nous avons constaté en effet que cette amine ne se diazote pas et ne copule pas avec les diazoïques, et ne se condense pas avec la chloro-4 quinaldine : il faut lui attribuer la constitution d'une imine et non d'une amine.

En comparant nos résultats actuels avec ceux obtenus précédemment par Conrad et Limpach, Fischer et collaborateurs, et Backeberg, Slater, et par Meyer et Drutel, on peut déduire quelques remarques générales sur la réactivité des amines avec la chloro-4 quinaldine et ses homologues.

1° Les amines aromatiques et les amines hétérocycliques à caractère aromatique, c'est-à-dire diazotables, se condensent régulièrement avec les chloro-4 quinaldines en éliminant ClH, pour former des amino-4 quinaldines substituées secondaires;

2° Les amines hétérocycliques saturées possédant un ou deux groupes NH (pipérazine, morpholine, etc.) se condensent normalement;

3° Les amines primaires ou secondaires acycliques, à caractère basique prononcé, provoquent l'élimination de l'halogène sans condensation, le plus souvent avec formation d'hydroxyquinaldine, après hydrolyse.

4° Les amines primaires alicycliques, les composés hétérocycliques non

---

(1) Séance du 30 juin 1947.

(2) *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 931.

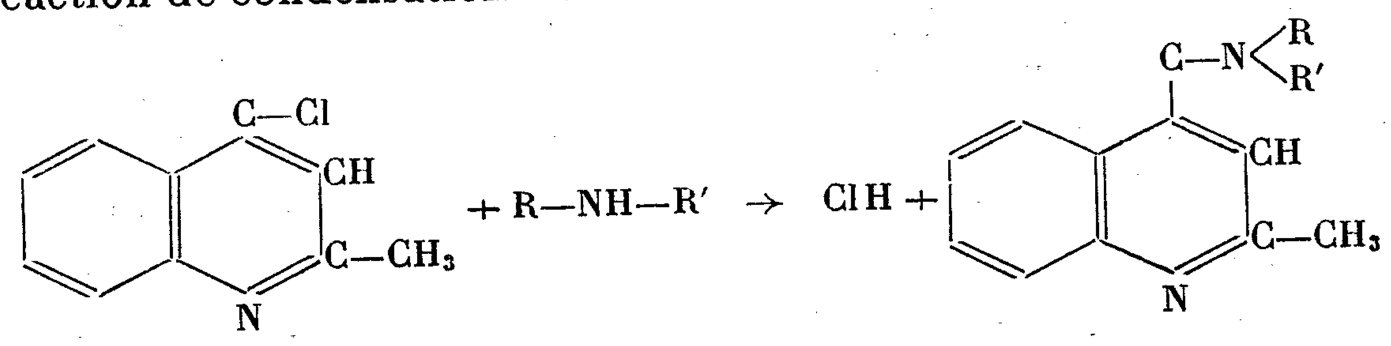
(3) *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 1824; 205, 1937, pp. 148 et 462; 207, 1938, p. 923.

(4) *J. chem. Soc. London*, 1942, p. 381.

saturés possédant un groupe NH et les amines hétérocycliques susceptibles de prendre la forme tautomère iminée ne réagissent pas : on retrouve la chloroquinaldine inaltérée.

La réactivité dépend ainsi de la basicité de l'amine employée.

La réaction de condensation s'écrit :



Parmi les composés nouveaux dérivés des amines du groupe 1°, nous indiquerons l'*antipyryl-amino-4 quinaldine* $C_{21}H_{20}ON_4$, obtenue en chauffant 10^g d'aminoantipyrine avec 9^g de chloroquinaldine en milieu acétique-acétate de Na, aiguilles prismatiques jaune clair, F 240°, recristallisant de l'acétone où le corps est peu soluble à froid, très soluble dans l'alcool, insoluble dans l'eau. Avec deux molécules de chloroquinaldine, pour une molécule d'aminoantipyrine, on obtient le même composé.

Nous avons étudié dans le groupe 2°, la pipéridine, la morpholine, la benzomorpholine, la tétrahydroquinoléine et la tétrahydroquinaldine. Les condensations se font en milieu acétique + acétate de Na, soit en milieu pyridique, soit sans solvant. On obtient des huiles très visqueuses : nous ne décrirons ici que les produits de condensation avec la morphine et la tétrahydroquinoléine, qui ont cristallisé après plusieurs mois, les autres n'ayant pas encore fourni de composés solides.

N-*morpholino-4 quinaldine*, $C_{14}H_{15}ON_2$, cristaux blancs, F 95°, très solubles dans les solvants organiques, sauf l'éther de pétrole. On la recristsllise dans un mélange de CCl_4 et d'éther de pétrole.

N-*tétrahydroquinoléyl-4 quinaldine*, $C_{19}H_{18}N_2$, cristaux légèrement jaunâtres, F 162° après recristallisation dans l'alcool. Insoluble dans l'eau, très soluble dans la plupart des solvants organiques.

Les amines grasses, déjà étudiées par Meyer et Drutel sur les méthyl-6 et 8 chloro-4 quinaldines, appartiennent au groupe 3° et produisent simplement la saponification du dérivé halogéné sans condensation.

La *cyclohexylamine* (groupe 4°) ne réagit pas sur la chloroquinaldine. Il n'y a pas condensation avec la *diéthanolamine* ni avec la *pseudothiohydantoïne*, mais saponification du dérivé halogéné.

L'*amino-2 phényl-4 thiazole* ne réagit pas, de même que l'*amino-2 pyridine* : on retrouve la chloroquinaldine. Ces corps ne réagissent pas comme des amines, mais comme des imines.

La *lophine* (triphényl-3-4-5-imidazole) ne réagit pas non plus.

L'*urée* se condense molécule à molécule avec la chloroquinaldine, et produit

la *quinaldyl-4 urée*, $C_{11}H_{11}ON_3$, aiguilles blanches peu solubles dans l'alcool, F 165°.

La *thio-urée* élimine l'halogène sans donner de produit de condensation, ce qui s'accorde avec une constitution différente de l'urée.

Nous ferons connaître ultérieurement les résultats obtenus en condensant la chloroquinaldine avec les aminoanthraquinones et avec les molécules méthyléniques, comme les pyrazolones, l'anhydride homophtalique, les homophtalimides, l'indoxyle, etc.

GÉOLOGIE. — *Les dépôts quaternaires du Bas-Chélif et des basses plaines Oranaises* (Régions d'Inkermann, de Relizane, de Perrégaux et de Saint-Denis du Sig). Note (¹) de M. **Gilbert Gaucher**, transmise par M. René Maire.

Les vallées des cours d'eau principaux : Oued Chélif et affluents (Riou, Djidiouïa, Mina), Oued Habra, montrent l'existence de quatre niveaux d'alluvions bien distincts.

Le niveau le plus ancien, niveau 1, est formé par un banc de poudingue épais de $1^m,50$ à 2^m et domine le lit actuel des oueds de 80^m en moyenne, parfois beaucoup plus; il forme une *terrasse* le plus souvent très nette. Les éléments gros comme le poing et bien roulés en sont réunis par un ciment gréseux. La couleur générale est gris jaunâtre ou verdâtre, et cette formation ne présente pas d'encroûtement calcaire.

Le niveau 2 est constitué par des alluvions fines, terrigènes, de couleur variant de l'orangé clair au rouge foncé : *la rubéfaction en est générale et caractéristique*. Des débris, et parfois des coquilles entières, de mollusques terricoles y sont fréquents.

Ces alluvions présentent vers leur sommet des bancs d'encroûtements calcaires. Elles forment en bordure des basses plaines Oranaises une bande continue de sédiments de faciès variés : dépôts de pente ou de cônes de déjection au pied des reliefs qui bordent ces plaines (typiques au nord de Zemmora et dans la plaine des Adjerafs au nord d'Orléansville); limons fluviatiles ou argiles lacustres plus en aval. La morphologie est en général celle d'une *surface topographique*; les formes de *terrasse* restent confinées dans les vallées des oueds principaux et dans les zones où ceux-ci sortent des massifs montagneux. En certains points des sondages ont révélé que le niveau 2 pouvait atteindre près de 100^m de puissance. Ce niveau représente sensiblement les *alluvions anciennes* des cartes géologiques détaillées; il s'étend entre 110 et 140^m d'altitude et son sommet domine le lit actuel des oueds de 55 à 60^m.

(¹) Séance du 24 mars 1947.

Le niveau 3 (*alluvions récentes* des cartes géologiques) forme le fond des vallées presque toujours rigoureusement planes; les oueds y ont creusé leurs thalwegs actuels, profonds d'une quinzaine de mètres. La couleur générale est grise et les sédiments sont terrigènes avec fragments de coquilles terricoles comme le niveau précédent. A la base on retrouve des éléments rubéfiés empruntés à celui-ci, puis au-dessus viennent des marnes grises salifères, enfin des apports sablonneux ont précédé la phase de creusement du lit actuel.

Le niveau 4 (*basse terrasse* des cartes) est entièrement sablonneux, il domine de 5 à 7^m le fond du lit; les fortes crues des oueds le recouvrent parfois.

Ces niveaux se retrouvent rigoureusement avec les mêmes caractères (granulométrie, coloration, morphologie) et les mêmes positions réciproques d'un bassin fluvial à l'autre ([2]). Seule l'absence de dépôts se rapportant aux niveaux 1 et 2 et attribuables au Chélif ferait accorder à ce fleuve un destin particulier pendant une partie du quaternaire. Mais, dans l'ensemble, la constance des caractères pétrographiques pour un même niveau, leur différence d'un niveau à l'autre, impliquent des *régimes de sédimentation* distincts : le calibrage des éléments correspondit pour chaque niveau à une certaine force vive, donc *à un débit et à un régime des fleuves caractéristiques du climat.*

La morphologie et les relations réciproques de ces deux niveaux indiquent nettement que la formation de chacun d'eux fut précédée et suivie d'une *phase d'érosion.*

Il est admis d'une façon générale que le comblement des grandes plaines littorales et sublittorales d'Algérie date du Flandrien ([3]). Le niveau 3 aurait donc cet âge. Le niveau 2, dont la rubéfaction implique un climat chaud, représenterait les sédiments d'âge Tyrrhénien. Le niveau 1 correspondrait aux dépôts des fleuves larges et puissants dont l'existence s'accorde avec les caractères d'humidité et de froid du climat sicilien. Quant au niveau 4, qui ne paraît pas exister dans l'Algérie Centrale, on devrait attribuer sa formation à des mouvements épirogéniques du socle continental de la partie occidentale du littoral algérien où d'ailleurs les effets de plissements d'âge récent ont été mis en évidence ([4]).

([2]) Les zones les plus favorables à l'étude de ces niveaux sont données par les coordonnées suivantes :

Feuille de Perrégaux : $x = 259,500$ et $y = 251,750$; $x = 260,800$ et $y = 256,500$ (Vallée de l'Habra).

Feuille de Zemmora : $x = 308,500$ et $y = 269,000$ (affluent de la Mina).

Feuille d'Inkermann : $x = 333,500$ et $y = 291$; $x = 334,500$ et $y = 291,750$ (Vallée de la Djidiouïa).

([3]) Notamment M. Dalloni, *Soc. de Géol. et d'Archéol. de la Province d'Oran*, **61**, fasc. **214**, mars-juin 1940, p. 34, et L. Glangeaud et A. Ayme, *Bulletin du Service de la Carte géologique de l'Algérie*, 1935.

([4]) R. Laffitte, *Comptes rendus*, **215**, 1942, pp. 372-374.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Variation diurne lunaire de la déclinaison magnétique au Val-Joyeux.* Note [1] de M. **Paul Rougerie**, présentée par M. Charles Maurain.

Nous avons utilisé les valeurs horaires déduites des courbes magnétiques enregistrées dans cet observatoire entre le 1er janvier et le 31 mars 1937. Les données initiales se répartissent donc régulièrement sur 312 lunaisons, soit 8897 jours lunaires, sept journées excessivement perturbées ayant été écartées de notre statistique. Afin d'éliminer la plus grande partie de la variation diurne solaire, nous avons retranché de chaque ordonnée horaire la valeur moyenne mensuelle de celle-ci. Les écarts horaires ainsi obtenus ont été ensuite reclassés en fonction du temps lunaire en prenant comme début du jour lunaire (0^h) l'écart correspondant à l'heure solaire ronde la plus voisine de l'heure du passage supérieur de la Lune au méridien. Pour ces 8897 journées lunaires, l'amplitude la plus fréquente est de 3′ en hiver et de 4′ pendant les autres saisons. Les amplitudes comprises entre 3′ et 5′ se retrouvent dans 52 % de la totalité des jours. Les moyennes mensuelles horaires ont été rassemblées en trois groupes saisonniers correspondant aux mois d'été (mai-août), d'hiver (nov.-févr.) et d'équinoxes (mois restants), fournissant au cours d'une lunaison complète l'évolution lunaire moyenne qui a été ainsi résumée dans un certain nombre de tableaux. Les écarts lunaires ayant été pris en fonction du temps solaire, ces derniers se composent donc de 24 rangées de 25 valeurs horaires, chacune de ces 24 séries se rapportant aux jours lunaires débutant successivement par 1^h, 2^h, ..., 24^h solaires.

Pour dégager les quatre ondes principales de la forme $L_n = C_n \sin(n\tau + \varphi_n)$, nous avons utilisé une méthode de calcul relativement simple indiquée par S. Chapman [2]. Elle consiste à compenser le mieux possible, par des groupements et des décalages convenables des écarts horaires, les changements graduels de phases pendant la lunaison, lesquels sont respectivement de -2π, 0, $+2\pi$ et $+4\pi$ pour les ondes diurne, semi, tiers et quart diurne. Sauf pour l'onde semi-diurne dont la phase reste constante, le procédé de calcul revient à effectuer des séries de sommations obliques sur les tableaux résumés. L'analyse harmonique des résultats obtenus donne une valeur approchée de L_n. Il est ensuite facile de trouver les vraies valeurs de c_n et φ_n au moyen de corrections aisément calculables une fois pour toutes.

Nous avons ainsi pu vérifier d'une manière convenable la *loi des phases* signalée ci-dessus. Voici pour les quatre premiers harmoniques la valeur de c_n en

(1) Séance du 30 juin 1947.

(2) *The lunar diurnal magnetic variation at Greenwich and other observatories* (*Phil. Trans. Roy. Soc. London*, **225**, série A, 1926, pp. 49-91).

minutes et de φ_n en degrés ramenée à 0^h de la nouvelle Lune, les écarts de la déclinaison étant comptés positivement vers l'Ouest :

	c_1.	φ_1.	c_2.	φ_2.	c_3.	φ_3.	c_4.	φ_4.
Été..........	0',17	116°	0',36	63°	0',09	103°	0',02	34°
Equinoxes....	0,10	161	0,20	67	0,09	161	0,05	80
Hiver........	0,10	223	0,13	9	0,02	19	0,01	135
Année........	0,09	139	0,22	55	0,07	102	0,02	92

Ce tableau met en évidence pour les ondes considérées des variations saisonnières de L beaucoup plus grandes que celles des harmoniques correspondants de la variation diurne solaire S. Les amplitudes c_1, c_2 et c_3 sont plus importantes en été qu'en hiver, tandis que c_4, moins bien déterminé, semble passer par un maximum pendant les mois d'équinoxes. La principale composante de L est L_2, alors que pour S c'est S_1.

La variabilité de la conductibilité électrique globale K des couches ionisées de la haute atmosphère se manifeste numériquement sur l'amplitude de L_2 par un accroissement durant les heures de jour ($c_2 = 0',24$) et une diminution durant les heures de nuit ($c_2 = 0',19$); la phase φ_2 subit aussi une variation notable ($\varphi_2 = 72°$ jour, $\varphi_2 = 35°$ nuit).

Les rapports S_n/L_n ont à Paris et à Londres (²) les valeurs suivantes :

n.	1.	2.	3.	4.
Val-Joyeux............	26,8	8,3	11,6	14,0
Greenwich.	29,2	8,3	13,2	14,0

Cette surprenante coïncidence numérique montre une similitude du régime lunaire de la déclinaison magnétique dans les deux stations, laquelle se confirme d'une manière frappante par la comparaison des diverses courbes de variations au cours de la lunaison.

PHYSIOLOGIE CELLULAIRE. — *Note sur la nécrobiose des chloroplastes sous l'action des acides acétique et chlorhydrique dilués.* Note (¹) de M. **Philippe Hagene**, présentée par M. René Souèges.

On sait que dans la cellule vivante, la fluorescence et l'emplacement de la bande principale d'absorption de la chlorophylle paraissent correspondre à des états différents de ce corps. L'explication la plus récente interprète ce fait par l'ultra-stucture des grana des chloroplastes, dans lesquels la chlorophylle se trouverait en partie sous la forme de couches monomoléculaires, en partie sous la forme d'une solution dans les lipoïdes (²). L'observation de la nécrobiose dans la feuille d'*Elodea canadensis* sous l'action des acides chlorhydrique et

(¹) Séance du 23 juin 1947.

(²) G.-M. Bot, *Chronica botanica*, 7, 1942, p. 66.

acétique dilués peut apporter une nouvelle contribution [3] à la connaissance de l'édifice chorophyllien submicroscopique.

Témoins. — La cyclose et la fluorescence subsistent durant quinze jours au moins dans les cellules des feuilles isolées et conservées dans l'eau distillée à la température du laboratoire.

Solutions N/100000 *d'acide chlorhydrique et d'acide acétique*. — Leur action paraît nulle; les feuilles peuvent séjourner sans dommage à 26° ou 3° dans ces solutions pendant 270 minutes.

Solutions N/100 *des mêmes acides* : durée du contact, 30 à 270 minutes. — Toutes les cellules sont mortes comme l'indique un essai de plasmolyse par le nitrate de potassium en solution 1,5 N; les noyaux sont grossièrement granuleux, fortement réfringents, opalescents à l'ultramicroscope, les plastes déformés, rétractés, à contour irrégulier. Chaque acide exerce cependant une action spécifique. Les feuilles sortant de la solution acétique sont d'un vert un peu terne et leurs protoplastes sont en pseudo-plasmolyse, c'est-à-dire plus ou moins rétractés; celles qui ont subi l'action de l'acide chlorhydrique sont d'un vert légèrement doré si l'expérience est effectuée à 3°, presque jaunes si la solution était à 26°; en général les protoplastes ne sont pas rétractés et le cytoplasme paraît peu altéré.

Dans la solution acétique, la fluorescence disparaît partout, comme cela se produit en général sous l'action d'un toxique, par exemple un narcotique indifférent. Au contraire, après séjour dans la solution chlorhydrique, si l'on monte les feuilles dans la solution 1,5 N de nitrate de potassium, les plastes demeurés au contact de la paroi cellulaire, par conséquent contenus dans les cellules mortes, présentent une très belle fluorescence rutilante, tout à fait comparable à celle qui existe dans les cellules vivantes.

Ainsi les deux acides à la concentration N/100 tuent les cellules, mais l'acide chlorhydrique, qui altère la couleur des feuilles, sans doute en transformant en partie la chlorophylle en phéophytine, conserve la forme du cytoplasme et la fluorescence, alors que l'acide acétique fait disparaître celle-ci et détermine une contraction du cytoplasme.

Solutions N. — *a*. Acide acétique : après 30 minutes à une heure de séjour dans la solution, les feuilles, peut-être un peu ternes ou grisâtres, présentent des cellules à pseudo-plasmolyse nulle ou très faible, des noyaux très apparents, grossièrement granuleux, et des plastes non ou très peu altérés. A l'ultramicroscope, le cytoplasme des cellules marginales et de la région médiane est opalescent; ailleurs, il n'est pas visible. Les noyaux des cellules marginales sont faiblement opalescents. Les plastes présentent une très vive fluorescence rutilante. Cependant il n'y a pas de plasmolyse dans la solution

---

(3) Ph. Hagene, *C. R. Soc. Biol.*, **189**, 1945, p. 159; Ph. Hagene et M. Goas, *Comptes rendus*, **223**, 1946, p. 255.

1.5 N de nitrate de potassium. — *b*. Acide chlorhydrique : en 15 à 30 minutes, la feuille devient d'un jaune d'or, plus accentué à 26°. Il n'y a pas de pseudoplasmolyse, les noyaux sont peu apparents et les plastes peu modifiés, peut-être un peu gonflés. A l'ultramicoscope, tout le contenu cellulaire, plastes compris, est opalescent, c'est-à-dire floculé. Il n'existe que des traces de fluorescence difficiles à distinguer.

A cette dilution, les deux acides tuent donc les cellules tout en conservant, au moins dans une certaine mesure, l'aspect du cytoplasme et des plastes. Mais au contraire de ce qui se passe pour les solutions N/100, ici c'est l'acide acétique qui conserve la fluorescence et l'acide chlorhydrique qui la fait disparaître.

Dans l'hypothèse d'une fluorescence due à une structure submicroscopique des grana des plastes, les acides, suivant leur dilution, agiraient sur cette structure comme des destructeurs ou des fixateurs.

Dans les conditions de l'expérience, une mesure colorimétrique montre que le pH des solutions d'acide chlorhydrique N/100 et d'acide acétique N qui, l'une et l'autre tuent les cellules sans altérer la fluorescence (alors que dans ces expériences la solution de concentration supérieure pour l'acide chlorhydrique, inférieure pour l'acide acétique, détermine à la fois la mort de la cellule et la disparition de la fluorescence) est le même au contact des feuilles d'*Elodea* et voisin de 2,8.

On a montré que la pénétration des acides dans les cellules s'effectue surtout sous la forme de molécules; les ions au contraire n'y pénétreraient que difficilement (4). L'état commun de dissociation des deux acides entraîne sans doute une concentration identique dans les cellules et à celle-ci doit correspondre un état de stabilité de l'édifice chlorophyllien dans les choroplastes; mais on ne peut évaluer le pH intracellulaire d'après celui du liquide dans lequel sont plongées les cellules. Suivant les théories de Kautsky (5), il faut supposer de plus que les acides à ce degré de concentration et de dissociation intracellulaires maintiennent la fluorescence à son maximum en détruisant ou neutralisant les substances qui abaissent son intensité.

ZOOLOGIE. — *Division et morphogenèse chez les Ophryoglènes.* Note (1) de M^lle^ **Hélène Mugard**, transmise par M. Maurice Caullery.

Parmi les Infusoires Holotriches hyménostomes, les Ophryoglènes constituent un groupe homogène d'espèces histiophages. Leur ciliature somatique est constituée par de nombreuses cinéties méridiennes très rapprochées. Leur

(4) Lepeschin, *Zell-Nekrobiose*, 1937, p. 120.

(5) H. Kautsky et U. Franck, *Biochem. Zeitsch.*, 312, 1943, p. 207.

(1) Séance du 30 juin 1947.

ciliature buccale répond au type *tétrahyménien*, décrit par Furgason pour le groupe *Glaucoma-Colpidium;* les *Ophryoglenidæ* se rattachent à ce groupe par une forme intermédiaire : *Deltopylum rhabdoides* (Fauré-Frémiet et H. Mugard 1946). Située dans le tiers antérieur de la face ventrale, la fossette buccale a la forme d'une *conque* comparable à celle d'une oreille droite humaine. Elle est formée par une invagination ectoplasmique profonde, ou vestibule, continué par un pharynx et par un tube œsophagien post-buccal. A gauche de la conque, s'appuyant sur une crête prolongeant le *tragus* de l'oreille, qui porte l'organe en verre de montre, trois membranes vibratiles s'incurvent en contournant la crête hélicoïde et pénètrent jusqu'au début de l'œsophage. La quatrième membrane borde la partie la partie la plus interne du vestibule.

Après l'accroissement rapide qui suit un repas, les Ophryoglènes s'enkystent à l'état de tomontes et subissent deux ou trois divisions successives. Les tomites restent serrés les uns contre les autres sous la membrane kystique, ce qui rend leur observation difficile. Chez une espèce nouvelle, *O. pectans*, les tomites continuent à former une substance mucoïde, qui les sépare les uns des autres, et cette heureuse exception a permis de suivre tous les stades de la reconstitution du péristome.

Au début de l'enkystement, l'appareil buccal subit une involution qui le réduit bientôt à une cicatrice superficielle. A gauche de la cicatrice buccale, deux ou trois cinéties se rompent, en isolant quelques cinétosomes.

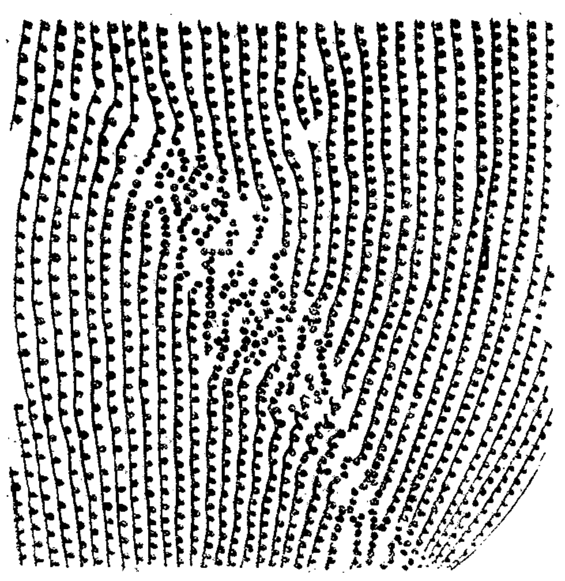


Fig. 1.

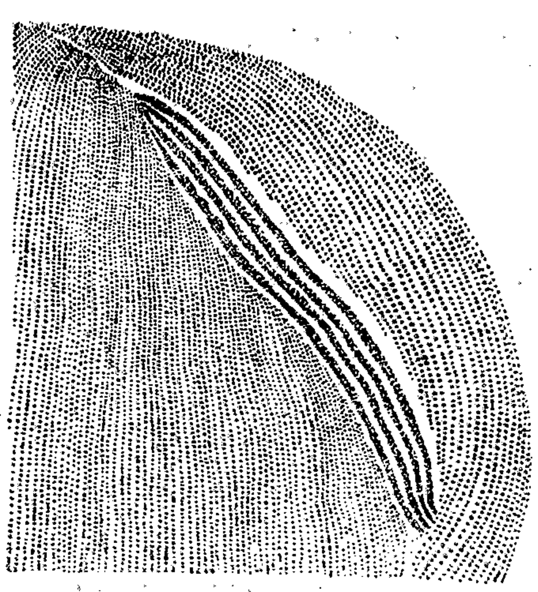


Fig. 2.

Ce processus de dislocation s'étend obliquement vers la gauche, en direction postérieure, atteignant jusqu'à vingt-trois cinéties; il est réalisé simultanément et d'une manière indépendante dans la moitié postérieure du corps, avec un décalage vers la gauche, correspondant à dix-neuf cinéties environ. Les cinéties méridiennes sont donc coupées, au début de la division, par deux champs obliques et étroits de cinétosomes désordonnés constituant deux ébauches buccales (*fig.* 1).

Au stade suivant, les deux tomites s'individualisent à mesure que le sillon

de bipartition s'approfondit; la dislocation des cinéties méridiennes se poursuit au niveau de l'ébauche buccale, vers la gauche, pour le proter et vers la droite pour l'opisthe. Dès lors, les deux champs de cinétosomes anarchiques se trouvent disposés parallèlement et sur une même série de méridiens.

La deuxième division est légèrement différente; chaque tomite s'allonge et son ébauche buccale se rompt; les deux parties, antérieure et postérieure, s'écartent progressivement, tout en restant unies par une bande longitudinale de cinétosomes désordonnés, puis s'étendent, comme à la première division, l'une vers la droite, l'autre vers la gauche. Les tomites se séparent et l'organogenèse buccale se réalise à partir des champs obliques.

Les cinétosomes multipliés s'ordonnent d'abord en courtes lignes transversales, puis se regroupent en quatre longues files doubles, longitudinales, correspondant aux quatres membranes vibratiles (*fig.* 2). Enfin, les séries doubles se raccourcissent, entraînant les cinéties somatiques, rompues au niveau du champ; celles-ci s'incurvent en dessinant le contour de la fossette buccale et les plus courtes, situées postérieurement, se multiplient, probablement par *élinéation*, pour compléter le revêtement vestibulaire.

Le stade final est obtenu par modelage progressif du *tragus* et de la crête hélicoïde qui parcourt le pharynx, dans lequel s'enfoncent et s'enroulent les quatre membranes vibratiles. Le corps de Lieberkühn se reconstitue *de novo*, sous forme d'une écaille superficielle réfringente.

Si, chez les *Glaucoma*, l'ébauche péristomienne est formée aux dépens d'une cinétique somatique, dite stomagène, et, chez le *Deltopylum rhabdoïdes*, aux dépens des deux cinéties stomatogènes, on a constaté que, chez les Ophryoglènes, de nombreuses cinéties somatiques interviennent dans la reconstitution du péristome, suivant un processus comparable à celui décrit par Villeneuve-Brachon (1940) chez les Hétérotriches des genres *Fabrea* et *Stentor*.

ZOOLOGIE. — Discophrya piriformis *n.sp. et son mode de bourgeonnement.* Note ([1]) de M^lle **Yvette Guilcher**, transmise par M. Maurice Caullery.

Le genre *Discophrya* a été créé par Lachmann en 1859, pour distinguer un groupe d'Acinétiens primitivement classés dans les genres *Acineta*, *Podophrya* et *Tokophrya*. Bütschli, en 1889, le réduit à un sous-genre, mais Collin (1911-1912) insiste sur la validité du groupe générique proposé ([2]).

Les caractéristiques des *Discophrya* paraissent être : une grande taille (70 à 100$^\mu$), un bourgeonnement interne avec cavité embryonnaire verticale et

([1]) Séance du 30 juin 1947.

([2]) Stein (1860), sans connaître le travail de Lachmann (1859), a créé un genre *Discophrya* pour des Infusoires astomes voisins des *Haptophrya*; Collin (1912) propose pour ceux-ci, afin d'éviter les confusions, la dénomination de *Sieboldellina*.

formation de gros embryons, généralement décrits comme ayant une ciliature holotriche ventrale (Stein, 1854). Le mode de formation de ces embryons est imparfaitement connu et la disposition exacte de leur appareil ciliaire n'a jamais été décrite.

Un certain nombre de ces formes vivent en ectoparasites sur des Coléoptères d'eau douce, des Écrevisses, ou encore sont fixées sur des racines ou des coquilles. *Discophyra piriformis* n. sp. a été trouvé en abondance dans des macérations de plantes aquatiques (bassins du Muséum, eau de la Seine, Port-Marly). Elle se développe rapidement, même en milieu putride. Elle est très facile à entretenir au laboratoire, en chambre humide, en nourrissant les adultes, avec des *Colpidium*. Elle est caractérisée par une résistance remarquable à toutes les fluctuations du milieu extérieur : température, pH, liquides organiques divers.

Les migrateurs sont de grande taille et peuvent, après isolement et lavages convenables, être l'origine de cultures stériles, nourries avec des *Glaucoma piriformis* (souche stérile isolée par A. Lwoff à l'institut Pasteur).

Les individus fixés mesurent jusqu'à 70^{μ}; ils sont régulièrement piriformes, couverts de tentacules capités, régulièrement répartis et possèdent une cuticule résistante et épaisse. L'imprégnation argentique montre, à leur surface, de gros cinétosomes erratiques, particulièrement serrés au niveau de la scopula. Il existe plusieurs vacuoles pulsatiles.

Le macronucleus, ovoïde et massif chez le jeune, se lobule à mesure qu'il s'accroît chez l'adulte; il est de structure granuleuse. Les micronuclei, au nombre de 5 à 10, sont souvent difficiles à distinguer des résidus nucléaires provenant des ingesta.

Le style est toujours grêle et long d'environ 70^{μ}.

Les cultures abondantes ont permis d'étudier la morphogenèse de l'embryon, dont le processus de libération est complexe et curieux. La cavité embryonnaire interne, formée vraisemblablement par une invagination ectoplasmique primitive, se revêt, après une multiplication intense et une orientation linéaire des cinétosomes, de cils, qui battent de plus en plus activement. Au lieu de former, comme chez le *Tokophrya*, par exemple, un bourgeon interne bien individualisé, l'embryon fait corps avec la mère, à l'intérieur de laquelle il est, en quelque sorte, modelé *en creux*. Ultérieurement, la cavité incubatrice s'ouvre à l'extérieur, tandis que des courants protoplasmiques repoussent vers le dehors la paroi interne, ce qui rappelle la formation d'un gros pseudopode chez une Amibe du type *Pelomyxa*.

Ce mouvement continue, de sorte que le fond de l'embryon, montrant par transparence la fossette fixatrice et les lignes ciliaires, remonte petit à petit, s'évagine comme un doigt de gant que l'on aurait d'abord retourné et devient apical. L'embryon, à mesure qu'il se dégage, s'individualise ainsi *en plein*, puis il se pédiculise, tandis que le corps maternel se réduit, se fripe et rétracte ses tentacules. Enfin, le migrateur se détache complètement et nage, suivant un trajet hélicoïde, en tournant sur lui-même, pendant quelques heures,

avant de se fixer. La taille du résidu maternel varie avec celle de l'individu bourgeonnant; elle reste ordinairement suffisante pour permettre la reconstitution d'un individu normal; mais elle peut être si réduite que la totalité du noyau passe dans l'embryon et que les restes protoplasmiques ne forment bientôt plus qu'un cadavre.

Ce mode de bourgeonnement a été microcinématographié par M. J. Dragesco. Les observations poursuivies sur d'autres espèces montrent qu'il est caractéristique du genre *Discophrya*, et que l'on doit interpréter dans ce sens les figures de Stein, pour *D. astaci*, comme les schémas de E. Pénard, pour *D. scyphostyla*.

La ciliature de l'individu migrateur a pu être étudiée, grâce aux imprégnations argentiques par la technique de Chatton et Lwoff (Guilcher 1946). L'embryon, de grande taille, allongé et aplati, est de la forme dite *bilatérale par compression* et du type dénommé holotriche. La face ventrale porte, à son extrémité antérieure, définie par le sens de la nage, la fossette de fixation, petite cupule, nettement marquée par des cinétosomes serrés, constituant la scopula.

La ciliature comporte deux champs, constitués par des séries bilinéaires de cinétosomes. Les séries de champ droit s'élèvent obliquement à partir du milieu de la face ventrale, contournent la fossette de fixation, à la manière d'une écharpe rejetée sur le côté dorsal antérieur, et retombent à gauche. L'ensemble de cette disposition est nettement dissymétrique. Le champ gauche est formé par des séries ciliaires, plus ou moins régulièrement ordonnées, disposées entre les branches du premier champ.

Chez d'autres espèces de *Discophrya*, cette même disposition générale se retrouve, compliquée cependant par la présence de cinétosomes groupés en un ou plusieurs amas, et dont la signification nous échappe actuellement.

Rappelons que la disposition si particulière de la ciliature, observée chez les embryons de *D. piriformis* comme chez ceux d'autres *Discophrya*, peut être comparée avec celle des Ciliés thigmotriches du groupe des Chlamydodontidés (Guilcher 1947).

PHYSIOLOGIE. — *Propriétés curarisantes des éthers phénoliques à fonctions ammonium quaternaires*. Note (¹) de M. **Daniel Bovet**, M^lle^ **France Depierre** et M^me^ **Yvonne de Lestrange**, présentée par M. Jacques Trefouël.

Au cours de recherches sur les produits de synthèse présentant des propriétés curarisantes, nous avons été conduits à examiner l'action sur le muscle strié des éthers-oxydes que forment la choline et les aminoalcools homologues avec les phénols et les polyphénols.

Dans la série de la choline, l'éther du monophénol (I) et le diéther de la

(¹) Séance du 30 juin 1947.

résorcine (II) curarisent l'un et l'autre le Lapin en injection intraveineuse à la dose de 4^{mg} par kg. Les éthers de l'iodure de triéthyl-β-hydroxyéthyl-ammonium (triéthylcholine), sont particulièrement intéressants; dans cette série, l'éther du phénol (III) est peu actif, mais les diéthers de la pyrocatéchine (IV), de la résorcine (V) et de l'hydroquinone (VI), et surtout le triéther du pyrogallol (VII), provoquent à faible dose déjà une curarisation très intense.

Voie intraveineuse (mg/kg).	Chien chloralosé Dose curarisante (mg).	Effet tensionnel (mg).	Lapin Dose toxique (mg).	Durée de la curaris. (*).
I. $C_6H_5OCH_2CH_2N(CH_3)_3I$.........	2-5	Hypertension nicotinique (0,1)	4	20 min
II. 1.3-$C_6H_4[OCH_2CH_2N(CH_3)_3I]_2$...	2-5	Hypertension nicotinique (5)	4	–
III. $C_6H_5OCH_2CH_2N(C_2H_5)_3I$........	50	Hypotension (2)	20	–
IV. 1.2-$C_6H_4[OCH_2CH_2N(C_2H_5)_3I]_2$..	2	» (10)	1,5	1 h
V. 1.3-$C_6H_4[OCH_2CH_2N(C_2H_5)_3I]_2$..	2-5	» (10)	1	1
VI. 1.4-$C_6H_4[OCH_2CH_2N(C_2H_5)_3I]_2$..	5-10	» (5)	3,5	1
VII. 1.2.3-$C_6H_3[OCH_2CH_2N(C_2H_5)_3I]_3$.	1-2	» (50)	0,7	3

(*) Pour 10 doses mortelles injectées à un animal soumis à la respiration artificielle.

L'action curarisante des amines quaternaires, de la choline et des esters-sels de la choline, en particulier de l'acétylcholine, est connue de longue date. Étudiant les éthers-oxydes de la choline appartenant à la série aliphatique, Simonart [2] a notamment décrit les effets sur la conduction neuro-musculaire de la butyl-β-éthylcholine. Dans ces différents dérivés, les propriétés curarisantes apparaissent étroitement intriquées avec les autres manifestations cholinergiques, muscariniques et nicotiniques, de la molécule. Nous avons constaté que dans les éthers de polyphénols étudiés, les effets cardiovasculaires se trouvaient considérablement atténués. Alors que l'éther du phénol, l'iodure de phénoxyéthyl-triméthylammonium (I) provoque, comme l'avaient déjà observé Hunt et Renshaw [3], une hypertension comparable à celle de la nicotine elle-même, le diéther de la résorcine, qui n'avait pas été étudié jusqu'ici, n'exerce qu'une faible action nicotinique. De même l'effet hypotenseur et cardiomodérateur de l'iodure de phénoxyéthyl-triméthylammonium (III) [2] est considérablement atténué par l'introduction dans la molécule d'une ou de deux nouvelles fonctions ammonium quaternaires.

Nous nous sommes plus particulièrement arrêtés à l'étude du triiodure de tri-(β-triéthylammoniuméthoxy)-1, 2, 3-benzène (VII, 2559 F). C'est un produit très actif sur la Grenouille, qu'il immobilise à la dose de 10 mg/kg;

(2) *Journ. of Pharmacol. and exp. Therap.*, 6, 1914, p. 147.
(3) *Ibid.*, 35, 1939, p. 99 et 48, 1933, p. 105.

chez la Souris, les doses toxiques sont respectivement de $5^{mg},5$, 15^{mg} et 425^{mg} par voies intra-veineuse, sous-cutanée et buccale. Sur le Lapin, la dose toxique est de $0^{mg},7$ par voie intra-veineuse et de 2 à $3^{mg},5$ par kilogramme en injection sous-cutanée, et montre donc pour le 2559 F, une activité environ cinq fois moins intense que celle de la tubocurarine. En injectant le produit 2559 F à un lapin soumis à une respiration artificielle, on peut apprécier la durée de la curarisation et le caractère électif de l'effet que le produit exerce sur les muscles volontaires; la paralysie totale dure 2 heures 30 environ après 7^{mg}, 6 heures après 35^{mg}; il faut injecter 350^{mg}, c'est-à-dire environ 500 fois la dose toxique, pour tuer dans un délai de quelques heures un lapin dont la ventilation pulmonaire est entretenue par une pompe.

Différents essais ont été réalisés sur le Chien chloralosé dont l'hématose était assurée par un courant continu d'oxygène amené au moyen d'une sonde au contact direct des bronches. On a pu observer que la réponse du muscle gastrocnémien, mis à nu à l'excitation électrique du bout périphérique du nerf sciatique, diminuait d'amplitude, puis disparaissait en même temps que s'établissait la paralysie des muscles respiratoires. Le nerf vague cesse de provoquer un effet cardio-inhibiteur, en raison de la paralysie des synapses des ganglions végétatifs, mais l'acétylcholine conserve en grande partie son activité. L'injection d'ésérine (1 à 2 mg/kg, sur le Chien atropinisé) ou de prostigmine, provoque un rapide retour de l'excitabilité musculaire. Le fait le plus remarquable réside dans ceci, que l'injection brutale dans la circulation d'une dose de 2559 F [tri-iodure de tri-(β-triéthylammoniuméthoxy) benzène] suffisante pour réaliser une curarisation de plusieurs heures, ne se traduit par aucune variation même minime du tracé tensionnel. A cet égard, le produit de synthèse se trouve être très supérieur aux curares naturels et à la tubocurarine qui, injectés chez le Chien chloralosé à dose curarisante, provoquent le plus souvent une forte chute de pression.

PHYSIQUE BIOLOGIQUE. — *Réversibilité des lésions observées sur des petits animaux exposés à des ondes d'ultra-haute fréquence* (*longueur d'onde* 21^{cm}). Note [1] de M. **Luc de Seguin**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

Un certain nombre de faits montrent que lorsque les irradiations sont faites sans provoquer de brûlures et sans être absorbées électivement par le système nerveux central et à de faibles doses, c'est-à-dire à des doses n'entraînant pas chez la Souris une élévation thermique supérieure à 41°; les lésions qu'elles peuvent produire sont réversibles.

Les poumons d'une souris décapitée deux jours après une assez forte irradiation (38° à 41°,2 en quarante secondes) étaient constitués d'un paren-

---

[1] Séance du 23 juin 1947.

chyme bien reconnaissable, dans lesquels certaines alvéoles étaient normales alors qu'autour d'autres la cloison interalvéolaire était encore dilatée avec un réseau capillaire très visible et que les hématies plus ou moins conservées étaient englobées dans un liquide séreux à l'intérieur de ces alvéoles. L'endothélium alvéolaire paraissait turgescent. Les autres organes étaient parfaitement normaux, la vasodilatation transitoire avait cédé et l'on assistait au processus de réparation qui, à un stade ultérieur (plusieurs semaines après les irradiations) ne se traduit plus par des images histologiques.

Dans la série où deux souris furent irradiées pour chaque dose et l'une d'elles décapitée, nous observâmes, à partir des doses ayant produit une élévation thermique de 1°, les lésions caractéristiques habituelles : vasodilatation des capillaires pulmonaires avec des infarctus. Les souris soumises aux mêmes irradiations, gardées vivantes, paraissaient en parfaite santé plusieurs mois après, elles avaient grossi. Décapitées et autopsiées, elles ne présentaient pas de lésions microscopiques. Il en fut de même pour les rats irradiés à des doses non léthales.

Des souris furent soumises pendant plusieurs heures à des irradiations de dix secondes avec arrêts d'une minute entre les irradiations. Elles étaient encore vivantes plusieurs jours après ces irradiations et décapitées, elles avaient le même aspect que les souris précédentes.

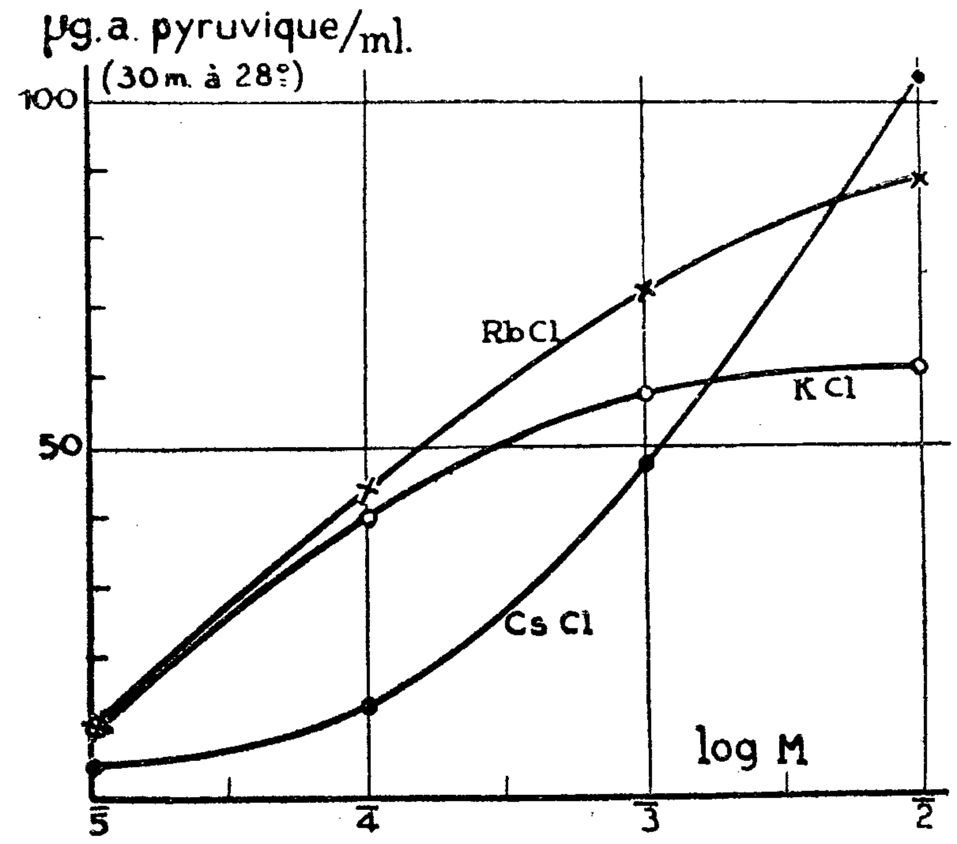
On peut donc considérer que, pour les Souris et les Rats, et pour la longueur d'onde étudiée, les irradiations produisent seulement une élévation thermique, quand cette élévation thermique n'entraîne pas la mort et qu'il n'y a pas eu absorption élective par le tissu nerveux; les lésions produites sont dues seulement à une exagération du processus physiologique de la lutte contre la chaleur. Ces lésions, petites hémorragies prédominantes au niveau du poumon, sont facilement résorbées. Certains des animaux ainsi exposés semblent cependant retrouver moins facilement leur équilibre thermique lorsqu'ils sont soumis à des variations de la température externe. Ce fait correspond à une atteinte partielle de la thermo-régulation.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Le rubidium et le cæsium remplaçants du potassium pour la production bactérienne d'acide pyruvique aux dépens de l'acide malique.* Note [1] de M. **André Lwoff** et Mlle **Hélène Ionesco**, présentée par M. Maurice Javillier.

Nous avons montré [2] que des *Moraxella Lwoffi* (mutant S) cultivées dans un milieu où la concentration du phosphore était le facteur limitant, lavées, dialysées, ne produisaient pas d'acide pyruvique aux dépens de l'acide

(1) Séance du 23 juin 1947.
(2) *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 1664.

malique. Il y a, par contre, production abondante de l'acide cétonique si l'on ajoute du ClK (points de fusion non corrigés de la 2.4-dinitrophénylhydrazone du produit obtenu : 215°, de l'acide pyruvique : 217°,5, du mélange à parties égales : 216°,5). Nous avons donné la courbe de production du pyruvate en fonction de la concentration en ions K et noté que celui-ci ne pouvait être remplacé par aucun des ions suivants : Sr, Na, Mg, Mn, Ni, Cu, Co, Zn.



On sait depuis Naegeli et Benecke que le Rb et le Cs peuvent remplacer K pour le développement d'*Aspergillus*. Boissevain ([3]) et Rahn ([4]) ont également réussi avec de nombreux microorganismes à supplémenter par du rubidium des milieux déficients en potassium, le cæsium toutefois étant inactif. On sait aussi que Rb et Cs peuvent remplacer K dans beaucoup de réactions relevant de la physiologie musculaire et nerveuse. La question se posait donc tout naturellement du rôle possible du Rb et du Cs pour la réaction malate → pyruvate.

Les suspensions de bactéries sont préparées suivant la technique décrite antérieurement ([2]), mises en suspension dans du malate de sodium M/134 et additionnées des substances à étudier. Après 30 minutes d'agitation au bain-marie à 28°, on dose l'acide pyruvique par la méthode de Straub. Nous avons utilisé du ClK et du ClCs Merck et du ClRb Rhône-Poulenc. Grâce à l'obligeance de M. Gabriel Bertrand nous avons pu comparer ce sel commercial avec un échantillon de ClRb purifié, renfermant moins de 1 pour 10000 de potassium (dosage spectrographique de Didier Bertrand); les deux échantillons ont donné des résultats identiques. Le fait que les solutions équimoléculaires de ClRb et ClK possèdent la même activité aux concentrations faibles permet d'éliminer l'hypothèse que l'activité du ClRb est due au potassium présent

([3]) *J. Infect. Dis.*, **43**, 1928, p. 194.
([4]) *J. Bact.*, **32**, 1936, pp. 393-399.

sous forme d'impuretés. Les différences présentées par les courbes Rb, Cs et K suggéraient déjà une diversité de l'élément actif.

On voit que pour des concentrations de l'ordre de 10^{-5} et 10^{-4} M la production de pyruvate est moins importante pour Cs que pour K et Rb. Ceux-ci possèdent des activités très voisines. Mais ce qui est très net et que nous avons retrouvé dans toutes nos expériences, c'est que pour des concentrations comprises entre 1.10^{-3} et 7.10^{-3} M la courbe de production de pyruvate en fonction du Cs coupe les courbes correspondantes de K et de Rb. L'intersection Cs/K correspond toujours à des concentrations moléculaires inférieures à l'intersection Cs/Rb. Le maximum de pyruvate est toujours produit avec Cs, le minimum avec K, l'ordre Cs > Rb > K pour les concentrations élevées étant inverse de l'ordre K, Rb > Cs qui correspond à l'activité aux concentrations faibles. Il est possible que la courbe Rb croise la courbe K aux environs de 10^{-5} M; mais la production de pyruvate étant très faible à ce niveau, les erreurs relatives de dosage sont importantes et la réalité du croisement n'a pu être établie.

Il convient de se souvenir que ce sont des bactéries, c'est-à-dire des systèmes très complexes, qui sont utilisées. Le degré d'hydratation des particules colloïdales variant avec la concentration ionique, l'affinité d'adsorption variant avec le degré d'hydratation, la charge électrique étant modifiée par les ions, et enfin ceux-ci pouvant intervenir dans la perméabilité, on conçoit que le changement de concentration puisse produire une inversion de l'activité.

Nous avons montré (5) que les acides malique et oxalo-acétique pouvaient subir sous l'influence des *Moraxella* une décarboxylation qui est liée à une oxydation. Nous avons émis l'hypothèse que cette décarboxylation oxydative était liée à une phosphorylation. Quoi qu'il en soit, les bactéries ne produisent pas d'acide pyruvique à partir de l'acide malique en l'absence de potassium; elles en produisent en présence de cet élément qui peut être remplacé par le rubidium ou le cæsium.

BACTÉRIOLOGIE. — *Essais de production d'antilipase par la lipase des bacilles acido-alcoolo-résistants.* Note de MM. **Auguste Sartory** et **Jacques Meyer**.

A la suite de la découverte par Hanriot (1) d'une lipase sérique, on a pu constater que les sérums normal et pathologique ne contiennent pas d'antilipase pour la lipase sérique. Cette question de la production d'antilipase spécifique contre une lipase prenait un intérêt particulier par la découverte de Metschnikoff et Metalnikoff (2) sur l'action lytique

(5) A. Lwoff et A. Audureau, *Ann. Inst. Pasteur*, 73, 1947 (à l'impression); A. Lwoff, *Cold Spring Harbor Symposium*, **11**, 1946 (à l'impression); A. Lwoff, A. Audureau et R. Cailleau, *Comptes rendus*, **224**, 1947, pp. 303-305; A. Lwoff et R. Cailleau, *Comptes rendus*, **224**, 1947, pp. 678-679.

(1) *C. R. Soc. Biol.*, **48**, 1896, p. 925; *Ibid.*, **49**, 1897, p. 124.

(2) *C. R. Soc. Biol.*, **75**, 1914, p. 95; *Annales Inst. Pasteur*, **34**, 1920, p. 810, et **35**, 1921, p. 363.

in vitro du suc lipasique de certaines chenilles cérophages vis-à-vis du bacille de Koch, et un grand nombre d'auteurs (3) ont pu démontrer qu'il ne peut pas exister d'antilipase contre la lipase normale dans le sérum ou le sang de l'homme et des animaux. Cependant, certains travaux de Balo et Bach (4), de Nitzescu et Benetalo (5) semblent parler en faveur de la production d'antilipase contre une zoolipase hétérogène injectée directement et à doses progressives par voie intraveineuse.

D'autre part, il semble que tous les chercheurs (Wohlgemuth) (6) soient unanimes sur la possibilité de susciter *in vivo* des antilipases contre les phytolipases (Ricin, Noix).

Ayant pu isoler une lipase à partir de cultures de bacilles acido-alcoolo-résistants (Bacille de Koch et Mycobacterium phleï, Moeller) sur milieux stabilisés glycérinés de 16 à 23 %, nous avons cru intéressant d'essayer de caractériser cette lipase par ses propriétés génératrices d'antilipase chez l'animal (A. Sartory et J. Meyer) (7).

Technique employée. — Nous avons injecté dans la veine marginale de lapins mâles de 900 à 1350^g des solutions de lipase phléique tous les 5 jours à raison de 5, 4, 3, 2 et 1$^{cm^3}$, en répétant chaque dose pendant 3 injections successives, de sorte que le traitement demandait deux mois et demi, et les prélèvements pour le titrage antilipasique débutaient vers le 80^e jour.

La lipase sérique normale a été dosée à 3 jours différents par ponction veineuse avant le début du traitement.

Nous avons préparé notre lipase d'acido-résistants au moyen de nos cultures sur milieu jus de pomme de terre glycériné à 20 % par centrifugation, chromatographie sur l'hydroxyde d'alumine en milieu acétique et élution par solution tamponnée : phosphatée-sodique et ammoniacale.

Pour le dosage des lipases, nous avons utilisé la technique stalagmométrique en présence de tributyrine comme substrat.

Le titre lipasique à l'état frais était de 94 %.

Le titre lipasique après 24 heures de séjour à la glacière était de 88 %.

Pour le dosage du pouvoir antilipasique de nos sérums de lapin, nous avons mélangé les différents réactifs dans l'ordre suivant :

1° 25$^{cm^3}$ de solution aqueuse saturée de tributyrine;

2° 0$^{cm^3}$,25 de sérum de lapin antilipasique ou 0$^{cm^3}$,25 de sérum de lapin normal;

3° 0$^{cm^3}$,25 de solution tamponnée de lipase tuberculeuse ou 0$^{cm^3}$,25 de solution tamponnée de lipase pancréatique.

Nous avons utilisé ces doses déterminées par des essais préliminaires et après avoir constaté que le sérum de lapin contenait normalement des quantités de lipases sériques beaucoup plus actives que le sérum humain.

Nous exprimons les résultats dans le tableau de la page suivante.

Interprétation. — De ces expériences nous nous croyons en droit de tirer les conclusions suivantes :

Il est possible d'obtenir une antilipase spécifique contre la lipase des acido-résistants en traitant le Lapin sain suivant la technique indiquée. Cette anti-

---

(3) Calmette, *L'infection bacillaire et la Tuberculose*, Masson, 1936, p. 526.

(4) *Zeitschr. f. exp. Méd.*, 75, 1931, p. 583.

(5) *C. R. Soc. Biol.*, **111**, 1932, p. 341.

(6) *Handb. allgem. Hämatologie*, Urban-Schwarzenberg, Berlin-Wien, **2**, 1934, p. 1053.

(7) *Technique d'isolement et de caractérisation d'une lipase des bacilles acido-alcoolo-résistants* (*Bull. Acad. Méd.*, 15 *avril* 1947).

Essais de dosage de l'antilipase d'acido-résistants dans le sérum de Lapin sain et préparé.

(Nous donnons ci-dessous le pouvoir antilipasique du sérum de 4 lapins traités.)

N°s.	Lipase pancréatique (cm³).	Lipase tuberculeuse (cm³).	Sérum lapin normal avant traitement (cm³).	Sérum lapin sensibilisé (cm³).	Sérum humain normal (cm³).	Pourcentage de tributyrine dégradée par les sérums de lapin N° 1 80 jours (%).	2 80 jours (%).	3 95 jours (%).	4 137 jours (%).
1...	0,25	–	–	–	–	35	35	38	36
2...	–	0,25	–	–	–	25	25	22	26
3...	–	–	0,05	–	–	45	43	33	40
4...	–	–	–	0,25	–	45	45	35	40
5...	–	–	–	–	0,50	51 (humain)	–	–	–
6...	0,25	–	–	0,25	–	76	72	68	72
7...	–	0,25	0,25	–	–	65	68	54	58
8...	–	0,25	–	0,25	–	32	28	25	34
9...	–	–	sérum lapin neuf 0,25	0,25	–	100	100 (après 20 min.)	–	–
10...	–	–	–	0,25	0,50	88	82	–	–
11...	–	0,25	–	0,25 (chauffé 57°)	–	35	32	–	–
12...	–	0,25	–	0,25 (chauffé 80°)	–	62	65	–	–

lipase est très active après 80 jours de traitement; donc de 5 à 10 jours après la fin de celui-ci.

La fonction antilipasique du sérum de Lapin diminue progressivement, mais est encore décelable 2 mois après l'interruption du traitement (expér. 8).

Dans le sérum antilipasique des lapins sensibilisés il existe, à côté de l'antilipase tuberculeuse, une lipase sérique de Lapin normal (expér. 2, 4 et 8). La lipase sérique normale dans le sérum du Lapin sensibilisé agit en présence de la lipase pancréatique et leur action est cumulative. L'antilipase d'acido-résistants n'a donc aucune action inhibitrice sur la lipase pancréatique normale (expér. 1 et 6).

La lipase d'acido-résistants agit cumulativement avec la lipase sérique normale du Lapin (expér. 7).

L'antilipase d'acido-résistants n'a aucune action sur la lipase sérique normale du Lapin neuf et de l'Homme sain (expér. 9 et 10).

Le traitement continuel pendant 2 mois et demi par piqûres hebdomadaires au moyen de solution tamponnée de lipase d'acido-résistants est restée sans effet sensible sur le taux de lipase normale du sérum de nos lapins (expér. 3 et 4).

L'antilipase résiste dans le sérum du Lapin sensibilisé à un chauffage à 57° pendant 30 minutes (expér. 11) et elle est détruite par un chauffage à 80° pendant le même temps (expér. 12).

ÉPIDÉMIOLOGIE. — *Modifications dans le comportement de souches de* Spirochæta recurrentis *passées par les Rongeurs*. Note [1] de MM. **Marcel Baltazard, Chamsedinne Mofidi, Mahmoud Bahmanyar** et **Buïque Seydian**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

Dans une Note précédente, nous avons mis en évidence la grande sensibilité des rongeurs nouveau-nés au spirochète d'Obermeier et montré la possibilité d'entretien de souches sur rongeurs nouveau-nés.

Au début de ces recherches, nous avons maintenu les souches par passages rapides, pratiqués la plupart du temps du quatrième au sixième jour de l'infection, dans la crainte de perdre les virus que nous voulions conserver. Dans ces conditions, les souches gardaient au cours des passages les mêmes caractères qu'elles montraient lors de leur isolement; c'est-à-dire : infection intense chez les rongeurs nouveau-nés avec mortalité faible, infection classique de trois jours au plus de durée chez la Souris blanche adulte, plus faible et courte chez le Rat blanc adulte, plus faible encore ou nulle chez le Cobaye et le Lapin adultes.

Par la suite, pour raison d'économie de lapins nouveau-nés, nous avons été amenés à pratiquer des passages beaucoup plus rares, en profitant notamment des rechutes fréquentes que nous avons signalées. Or, les souches qui ont été ainsi conservées ont présenté rapidement des modifications importantes dans leur comportement. Nous donnons ici le détail des expériences pour une de ces souches.

Un lot de 12 poux récoltés sur un malade récurrent est broyé (2 formes métacycliques par champ environ) et inoculé sous la peau d'un lapin nouveau-né, qui s'infecte après vingt-quatre heures d'incubation. Ce lapin est sacrifié agonisant au sixième jour, son sang est inoculé à deux lapins nouveau-nés, qui font, après seize heures d'incubation, un accès d'intensité forte (200 par champ), de quatre et cinq jours de durée. Un passage pratiqué pendant cet accès à partir d'un des deux lapins sur lapins nouveau-nés et sur rats, montre que la souche est du type recurrentis classique.

Quarante-huit heures après la fin de l'accès, les deux lapins font ensemble une rechute d'intensité forte (200 par champ) et qui se terminera pour les deux par la mort. Au cours de cette rechute, trois passages sont pratiqués à partir de l'un ou de l'autre lapin, aux premier, deuxième et quatrième jours de la rechute. Or, tous les animaux inoculés dans ces trois passages, puis tous leurs descendants présenteront une infection, d'un type très différent des précédents : lapin nouveau-né, mortalité de 100 %, rate énorme, foie décoloré, ictère;

[1] Séance du 23 juin 1947.

souris et rats blancs adultes, infection intense de quinze jours de durée; cobaye adulte, pas d'infection visible.

D'autre part, l'un de nous, qui a été blessé accidentellement à la main par la pointe de ciseaux souillés de sang virulent lors du deuxième de ces trois passages, fait, après cinq jours d'incubation, une infection récurrente dont le premier accès dure seulement vingt-quatre heures (39°) sans spirochètes visibles; un deuxième accès suit à onze jours d'intervalle, sans spirochètes visibles, mais au cours duquel le virus peut être isolé du sang, et, identifié sur animaux, se montre également fortement pathogène pour le rat blanc et mortel pour le lapin nouveau-né.

Enfin, un lot d'ornithodores infecté sur un rat au deuxième passage après ce changement de virulence, transmet l'infection par piqûre.

Deux autres souches authentiques de *Spirochæta recurrentis* isolées du sang de l'homme, nous ont montré le même phénomène : transformation rapide et définitive par passage par les rongeurs; augmentation de la virulence pour les rongeurs, diminution de la pathogénicité pour l'homme, transmissibilité par l'ornithodore, tous caractères qui rendent ces souches exactement identiques à celle existant dans la nature chez les rongeurs et les ornithodores et dont nous étudions certaines souches iraniennes sous le nom de *Spirochæta microti*, Rafyi, 1946. Dans l'état actuel de nos expériences, l'apparition de ce phénomène semble liée au passage des spirochètes de rechute.

C'est très probablement le même phénomène qui s'est produit pour la souche conservée au Georg Speyer Haus de Francfort sous le nom de *S. recurrentis*, souche d'origine russe, isolée de l'homme, devenue très pathogène pour la souris blanche, pratiquement apathogène pour l'homme et transmissible par l'ornithodore.

L'un de nous a montré la différence d'aspect à l'éclairage au fond noir du *S. recurrentis* humain (réfrigence uniforme) et du S. microti (double contour). Nous avons pu observer précisément qu'au cours de la transformation que nous venons d'étudier le spirochète humain changeait d'aspect et que les formes monoréfringentes cédaient la place aux formes à double contour.

Doit-on considérer cette modification de souches comme une mutation? Certainement pas, malgré le caractère définitif de la transformation obtenue. Il nous paraît beaucoup plus logique de penser qu'il s'agit là d'un retour au type originel : le *Spirochæta recurrentis* ne serait qu'une variante épisodique à caractères instables (acquis par passage par l'homme et le pou) d'une espèce à caractères stables existant dans la nature chez les ornithodores et les rongeurs.

La séance est levée à 16h.

L. B.

ERRATA.

(Séance du 5 mai 1947.)

Note de MM. *Edmond Sergent* et *Étienne Sergent*, Expérience d'assèchement et de mise en culture d'un marais algérien, sans risque de contamination palustre :

Page 1256, 11e ligne du texte, *intercaler* le mot démonstrative après vertu.

Page 1258, 16e ligne, *au lieu de* colmateur, *lire* colateur.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU MERCREDI 16 JUILLET 1947.

PRÉSIDENCE DE M. Louis BLARINGHEM.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. **Louis de Broglie** fait hommage à l'Académie d'un Ouvrage intitulé *Physique et Microphysique*, qu'il vient de publier dans la collection *Sciences d'aujourd'hui*. Dans cet Ouvrage, se trouvent réunis, formant une nouvelle série, des articles, exposés ou conférences sur des sujets de Physique, de Philosophie scientifique ou d'Histoire des Sciences prolongeant les séries précédemment parues dans la même collection sous les titres *Matière et Lumière* et *Continu et Discontinu*.

PÉTROGRAPHIE. — *Reproduction artificielle à haute pression de la biotite et de la hercynite*. Note (¹) de MM. **Albert Michel-Lévy**, **Jean Wyart** et M^lle **Mireille Michel-Lévy**.

Le mica noir est le minéral ferro-magnésien caractéristique du granite dans lequel il prend naissance avant le feldspath et le quartz. Ce minéral avait été reproduit artificiellement par Hautefeuille et Péan de Saint-Gilles en 1887 à la pression atmosphérique vers 1000°, en partant d'un mélange des éléments d'un mica très ferrugineux en présence du fluor sous la forme de fluosilicate de potassium. Il fut reproduit par d'autres auteurs dans des conditions similaires, mais toujours à des températures élevées comprises entre 1000 et 1300°.

Dans les expériences que nous poursuivons en nous plaçant dans les conditions physico-chimiques dans lesquelles le granite semble s'être formé, nous n'étions pas arrivés jusqu'à ce jour à la reproduction artificielle de ce minéral. Récemment, nous avons réalisé la synthèse de la biotite en présence de fluorure, mais sous haute pression (voisine de 4000 kg/cm²) et *à la température relativement basse de* 680°. Le mélange utilisé était : SiO_2 33 % ; Al_2O_3 13 % ; Fe_2O_3 15 % ; MgO 16 % ; CO_3K_2 10 % ; K_2SiF_6 17 %. Nous avons fait varier les quantités d'eau.

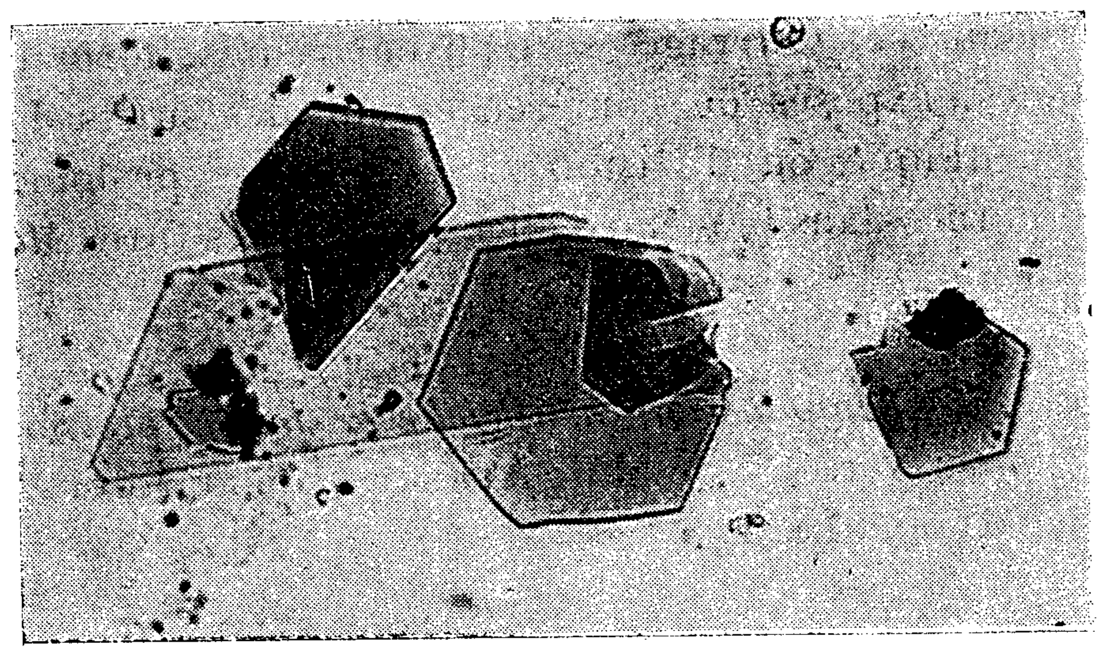
1^er *essai*. — Mélange intime avec l'explosif. 15 jours de recuit. On a fait

---

(¹) Séance du 7 juillet 1947.

un mélange intime de 1g de ces corps avec 4g d'hexogène sans addition d'eau; nous rappelons que les gaz provenant de la détonation de l'hexogène contiennent une proportion de 25 % d'eau.

La biotite était curieusement groupée en lamelles dressées sur des croûtes de magnétite, le tout déposé par pneumatolyse sur les parois de la chambre à essai. En outre, et postérieurement, se sont formés de beaux cristaux d'orthose limpide, parfois mâclés selon la loi de Carlsbad, dont les dimensions atteignaient le millimètre. La biotite est en lamelles bien développées, atteignant le demi-millimètre, de forme hexagonale, de couleur vert noir, montrant sur son plan g_1, perpendiculaire au clivage, un polychroïsme bien marqué, allant du blanc au vert foncé; l'extinction est droite, l'allongement positif. La biréfringence est élevée. Les cristaux sont presque uniaxes et de signe optique négatif.



Lamelles de biotite. Gross. 400.

2e *essai.* — Explosif isolé en nacelle. 2g du mélange des corps au fond du tube, addition de 1$^{cm^3}$ d'eau. 15 jours de recuit.

Il est né de très nombreux individus de mica, visibles au microscope sous forme de très fines phyllites, avec matière feldspathique microcristalline. Le diagramme de rayons X a été celui de la biotite.

3e *essai.* — Même dispositif que le deuxième, mais sans eau supplémentaire. 15 jours de recuit.

Les produits chimiques, mis au fond du tube, ont cristallisé, s'agrégeant en une véritable roche. Dégagée du tube et mise en débris, elle présente un mélange de grumeaux franchement verts au sein d'une matière blanche orthosique et accompagnée de fluorures.

L'étude microscopique a montré que les parties colorées présentaient non seulement de la biotite en fines paillettes atteignant au maximum 30 microns, mais encore de nombreux grains de l'ordre de quelques microns, limpides, très réfringents, isotropes. Le diagramme de rayons X de ces granules nous a

permis de préciser qu'il s'agit d'un spinelle dont la maille cubique a pour paramètre 8,14 Å; il est très voisin de la hercynite $FeAl_2O_4$.

Il faut noter dans cet essai l'observation de cristaux d'orthose contenant en inclusion des micas noirs préformés, ce qui assure que dans l'ordre des cristallisations, la biotite est née avant l'orthose.

Il y a lieu d'attirer l'attention sur l'association de la biotite avec ces deux spinelles différents, la hercynite, spinelle ferreux $FeAl_2O_4$, et la magnétite Fe_3O_4, spinelle ferrique. La première association s'est faite sans addition d'eau, mais avec l'explosif séparé du mélange des produits chimiques; ceux-ci n'ayant donc pas subi les hautes températures instantanées de l'onde de choc, mais seulement le recuit à 680°; alors que la deuxième association s'est produite dans le cas du mélange intime avec l'hexogène, c'est-à-dire avec l'intervention des très hautes températures de la détonation (allant jusqu'à 30000°). Il est à noter en outre que la plus grande dimension des biotites a été obtenue dans le deuxième cas (mélange intime, haute température instantanée.)

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Quelques remarques sur le procédé des fentes d'aspiration.* Note de M. **Dimitri Riabouchinsky.**

Dans le premier fascicule de son travail *Aperçus théoriques sur la Mécanique des Fluides* (1), l'auteur a développé la théorie bidimensionnelle de l'interaction des corps et des puits ou sources-tourbillons, libres ou adjoints aux corps, et y a traité à la page 78 un problème où le lien entre l'intensité de l'aspiration et celle de la circulation des puits-tourbillons est déterminé par la condition de vitesses finies sur les arêtes d'un plan mince. Il a appliqué ensuite cette théorie, dans le Chapitre V de son Ouvrage *Étude sur l'hypersustentation et la résistance à l'avancement* (2), au problème des fentes d'aspiration. Il se propose de donner quelques précisions sur ce dernier travail. Soit un puits-tourbillon ponctuel P d'affixe $re^{i(\omega+\nu)} = re^{i\sigma}$, placé au voisinage d'un cercle de rayon a, contourné par un courant fluide de vitesse $-V'_0$ à l'infini. Nous désignerons (Q, Γ_1) l'intensité du puits-tourbillon et Γ la circulation indépendante autour du cercle. On définit (1) un pareil mouvement en écrivant

$$(1)\quad f(Z) = -V'_0(Z + a^2Z^{-1}) - \frac{i\Gamma}{2\pi}\log Z - \frac{Q}{2\pi}\left[\log\left(Z - \frac{a^2}{r}e^{i\sigma}\right)(Z - re^{i\sigma}) - \log Z\right] + \frac{i\Gamma_1}{2\pi}\left[\log Z(Z - re^{i\sigma}) - \log\left(Z - \frac{a^2}{r}e^{i\sigma}\right)\right].$$

(1) *Bull. techn. des Services techn. de l'Aéronautique*, 17, Paris, 1924. Le problème des puits et sources libres a été étudié d'une façon systématique par M. Arnaldo Masotti dans les *Rendiconti del Reale Instituto di Scienze e Lettere*, LXVI, fasc. VI-X, Milano, 1933, pp. 1-15 et les *Atti della Pontifica Accademia della Scienze Nuovi Lincei*, Anno LXXXVI, Roma, 1933, II, p. 109 et IV, p. 189.

(2) *Publications scient. et techn. du Ministère de l'Air*, 167, Paris, 1940, pp. 93-122; *Comptes rendus*, 219, 1944, p. 252.

On peut effectuer la représentation conforme du plan Z de la figure 1 sur les plans ζ_1 ou ζ_2 de la même figure en appliquant la formule de Tchapliguine

$$\zeta = Z\left(Z \sin\frac{\alpha}{2} + a\,e^{i\omega}\right) : \left(Z + a\,e^{i\omega}\sin\frac{\alpha}{2}\right). \tag{2}$$

Les angles α et ω sont indiqués sur les plans ζ_1 et ζ_2 et il résulte de la correspondance des points f sur ces plans et le plan Z et des équations (1) et (2) que $2(\omega' + \beta) = 2\omega + \alpha + \pi$ et $V'_0 = V_0 \sin\alpha/2$. Pour simplifier la discussion nous considérons des arcs de cercles, cas limite des profils Joukowsky, en admettant, pour ne pas être obligé de parler de cavitations, que l'ordre de grandeur de la pression p_0 à l'infini est déterminé par la condition $p_0 + \rho(V_0^2 - V_{max}^2)/2 > 0$.

Dans le cas d'un puits isolé fixé à un profil en arc de cercle (plan ζ_1), il faut poser dans l'équation (1) $\Gamma_1 = 0$, $r = a$. C'est un problème qui rentre dans le cadre de célui qui vient d'être considéré par M. A. Toussaint ([3]); la troisième formule de son exposé est intéressante. M. J. Legras ([4]) a éliminé les vitesses infinies du puits isolé en discutant le cas d'une répartition continue de puits ou de sources sur un arc de profil d'aile.

Dans son travail ([2]), l'auteur a étudié plus spécialement le cas représenté dans le plan ζ_2 de la figure 1, qui correspond aux expériences qu'il a décrites

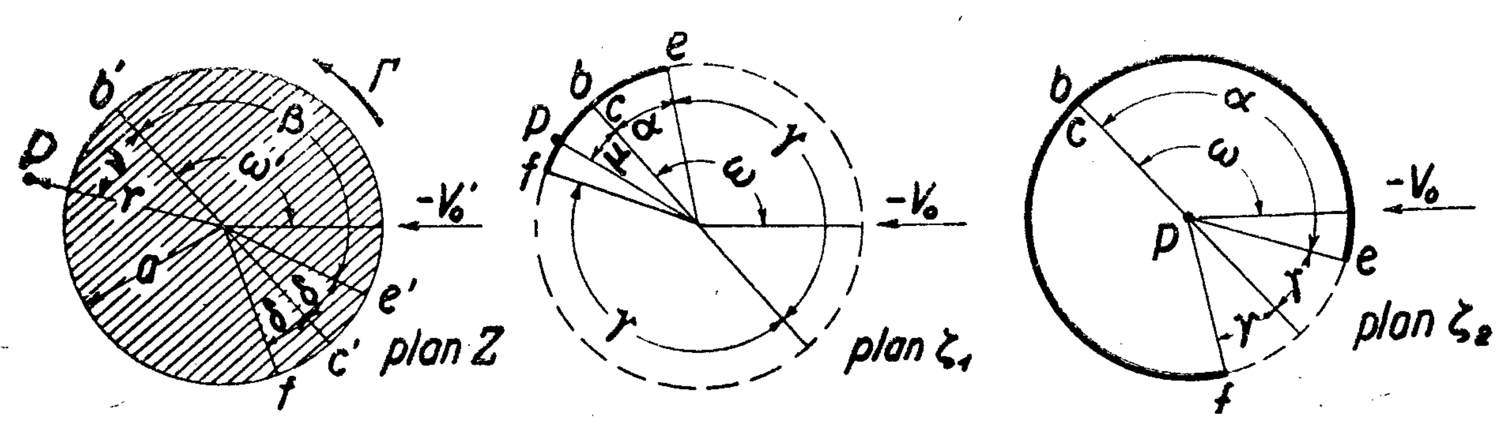


Fig. 1.

précédemment ([5]). Ce cas permet de considérer dans son ensemble le mou-

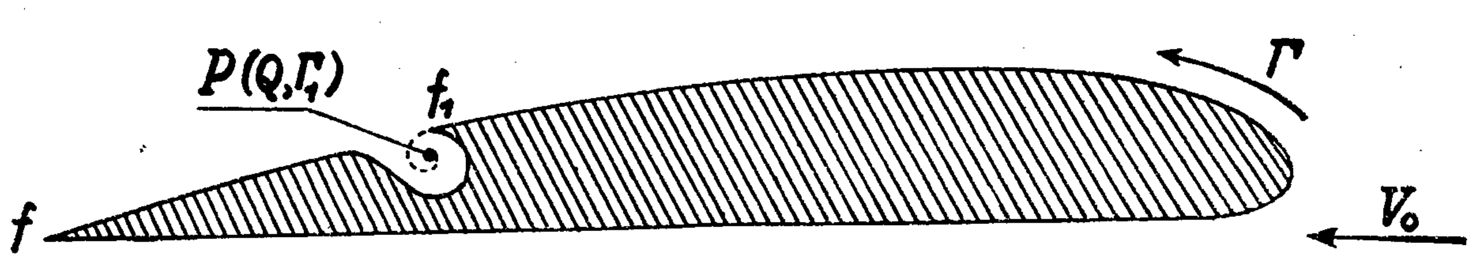


Fig. 2.

vement du fluide à l'extérieur du corps et à l'intérieur de ce dernier, c'est-à-dire dans le dispositif d'aspiration. Pour obtenir un pareil mouvement, il

([3]) *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 790.
([4]) *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 1273.
([5]) *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 1465; **219**, 1944, p. 252; cf. ([2]), pp. 116-118.

faut poser dans l'équation (1) $\nu = \pi$ et $a = r\sin(\alpha/2)$. Le puits ou la source viennent alors se placer dans le plan ζ_2 au centre de la circonférence *febf*. Le dernier terme de (1), en raison de (2), ne donnant pas de vitesses infinies aux pointes e et f, on peut ne pas en tenir compte pour établir les conditions de vitesses finies sur les pointes. Ces conditions, si l'on admet que non seulement les points f sont des points correspondants sur les plans Z et ζ_1, ζ_2, mais également les points e' et e, et que $\omega' = \omega$, conduisent aux équations

$$(3) \qquad \Gamma = 4\pi a V_0 \sin\omega \sin^2\frac{\alpha}{2}, \qquad Q = -2\pi a V_0 \cos\omega \cos^2\frac{\alpha}{2}.$$

La sustentation et la résistance sont respectivement

$$R_y = \rho V_0 \left(V_0 4\pi a \sin\omega \sin^2\frac{\alpha}{2} - \Gamma_1 \right), \qquad R_x = \rho V_0^2 2\pi a \cos\omega \cos^2\frac{\alpha}{2}.$$

Pour obtenir dans le corps une cavité du dispositif d'aspiration de moindre volume, on peut prendre le squelette des profils Kármàn-Trefftz, constitué par deux arcs de cercles de rayons différents formant lunule [6].

En appliquant deux fois consécutivement la transformation du cercle tangent de Joukovsky, on pourrait aussi parvenir à des profils d'aile se rapprochant de celui de la figure schématique 2.

La deuxième des équations (3) met en évidence que pour une valeur $\omega < \pi/2$, on peut satisfaire à la condition des vitesses finies sur les arêtes, en remplaçant le puits-tourbillon par une source ($Q < 0$, $\Gamma_1 = 0$). En transformant ensuite l'arc *ebf* du plan ζ_2, par exemple en arc d'ellipse très allongée suivant la direction Pb, on obtient le mouvement relatif autour du profil d'une *aile-fusée*.

Pour l'étude expérimentale de ces divers phénomènes, l'auteur a réalisé un ensemble d'appareils qui a figuré au XVI[e] Salon de l'Aéronautique en 1938 et qu'il a décrit, ainsi que les résultats que ces appareils ont permis d'obtenir, dans le Chapitre V de l'Ouvrage précité [2].

PROBABILITÉS. — *Probabilités et biologie : loi d'action polarométrique des sérums en solution étendue.* Note [1] de MM. **Georges Reboul**, **François Bon** et **Jean-Antoine Reboul**.

Nous avons indiqué une méthode permettant d'effectuer facilement des mesures polarométriques avec une assez grande précision [2]. Nous l'avons utilisée pour l'étude particulière de sérums, normaux ou pathologiques, provenant de sang humain. Cette étude a donné des résultats que des considérations de probabilité permettent de prévoir.

---

(6) Joseph Pérès, *Cours de Mécanique des Fluides*, Paris, 1936, p. 129.

(1) Séance du 30 juin 1947.

(2) François Bon, *Comptes rendus*, 222, 1946, p. 286; Georges Reboul et François Bon, *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 1263.

L'expérience montre qu'il y a dans tout sérum un certain nombre de *germes* ou de *noyaux* sur la nature desquels nous ne ferons aucune hypothèse, nous contentant d'indiquer qu'ils sont vraisemblablement formés par de grosses molécules ou des complexes moléculaires, et que leur activité pathologique est très probable, alors que leur activité capillaire est certaine. L'effet de cette dernière modifie à la surface de la goutte cathode du polaromètre, la nature des couches de passage et se traduit par un allongement du semi-palier oscillographique ([2]).

Nous admettrons, comme on le fait généralement ([3]), que cette modification est due à ce que les *noyaux*, en vertu de leur activité capillaire, viennent se fixer à la surface de la goutte de mercure et y renforcer ou y remplacer l'action d'atomes d'oxygène provenant de traces de ce gaz dissoutes dans l'eau acidulée du polaromètre.

Soient c la concentration des *noyaux* dans la solution de sérum, N le nombre d'entre eux fixés à la surface de la goutte cathode et l la longueur du semi-palier correspondant. Une variation dc de la concentration se traduit par une variation dN du nombre des *noyaux* adsorbés et par un allongement dl du semi-palier. Ces changements infiniment petits sont régis par des lois que nous ignorons, mais que nous savons être dues à un hasard pur ou dirigé, ce qui entraîne les relations de probabilité

$$\beta_1 \frac{dc}{c} = \beta_2 \frac{dN}{N} = \beta_3 \frac{dl}{l}.$$

La concentration c des noyaux de la solution et l'allongement l du semi-palier sont donc liés par l'équation différentielle

$$\frac{dl}{l} = \beta \frac{dc}{c} = \alpha\, dc$$

dont l'intégration donne l'expression algébrique de la loi d'action polarométrique du sérum. Dans cette expression

$$l = l_0 e^{\int_0^c \alpha\, dc},$$

le coefficient α peut être une constante ou une fonction plus ou moins complexe de c ou d'autres variables (le temps par exemple).

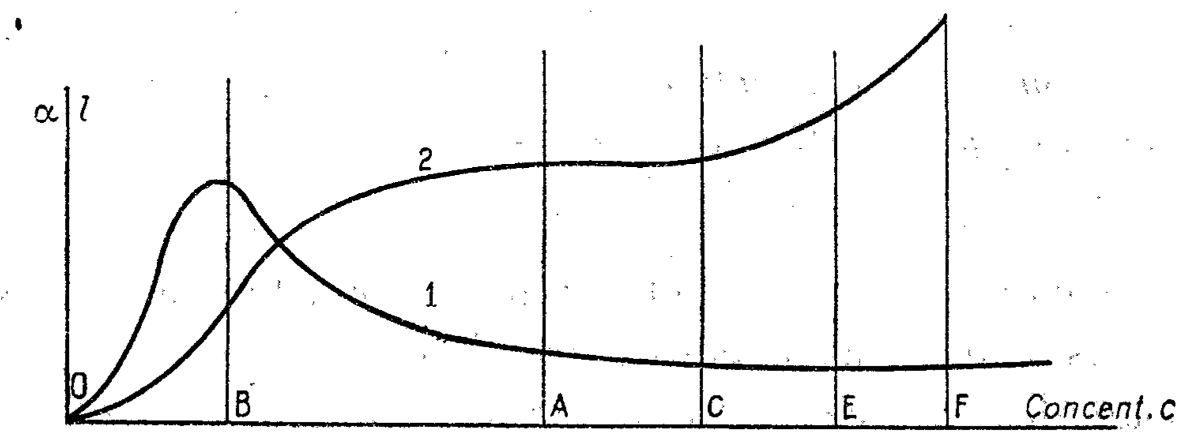
Comme l'on voit, pour une variation de concentration $dc = 1$, α est la probabilité d'action sur l'allongement l ou la probabilité de fixation des *noyaux* à la surface de la goutte. Ce coefficient caractérise l'activité capillaire des noyaux contenus dans le sérum, il définit la *susceptibilité polarométrique* de ce dernier.

Cette probabilité de fixation α dépend évidemment de la concentration c. Si c est faible, peu de *noyaux* viennent, dans un temps limité, se fixer à la

([3]) François Bon, *Thèse*, Montpellier, 1944.

surface de la goutte et α est petit; c croissant, le nombre de ces *noyaux* augmente et α croît, ainsi d'ailleurs que la surface occupée sur la goutte; la place disponible sur cette surface diminuant, quoique c continue à augmenter, α croît moins vite, puis passe par un maximum et se met à décroître pour tendre vers zéro quand toute la surface de la goutte est occupée. Mais après cette première couche recouvrant toute la surface, il peut s'en former d'autres; on conçoit alors que pour de grandes concentrations, α varie peu et tende vers une constante.

En somme la susceptibilité polarométrique varie, en fonction de la concentration, suivant une courbe en cloche comme celle de la figure (courbe 1).



Quant aux variations de l'allongement, elles seront, en conséquence, représentées graphiquement par la courbe 2 de la même figure.

Tout sérum, surtout en solution, s'altère avec le temps : le nombre des *noyaux* qu'il contient augmente; ses caractères évoluent dans le sens qui correspond à un accroissement des concentrations. Il s'ensuit que la courbe représentative de la loi d'action polarométrique affecte des formes successives correspondant à une dilatation ou à un glissement progressif suivant l'axe des abscisses. Au début, avec un sérum frais qui vient d'être mis en solution, on a toujours une courbe en cloche pour α et sigmoïde pour l (région OA). Puis la courbe en cloche tend vers une asymptote horizontale pour les concentrations relativement grandes et l'extrémité de la sigmoïde se relève (région OF); parfois α est constamment décroissant et l varie suivant une exponentielle complexe à concavité tournée vers l'axe des c (région BA). Ensuite la représentation de α prend la forme correspondant à la région BE et celle de l devient sinueuse et quelquefois linéaire. Enfin au bout d'un temps très long, on passe à $\alpha = \text{const.}$, et l'on a pour l une exponentielle tournée vers le haut.

Dans des conditions bien délimitées de température, de concentration des solutions, de régime d'écoulement des gouttes et de constitution du circuit électrique, les résultats de l'expérience confirment ces prévisions de manière frappante. Ils ont en outre montré que l'évolution d'un sérum est caractéristique de l'état pathologique du sujet auquel a été faite la prise de sang, de sorte que l'on peut en déduire des règles pour dépister certaines maladies et pour en suivre la marche.

M. **Philibert Guinier** fait hommage à l'Académie d'une Note intitulée *Génétique et Sylviculture*, extraite du *Livret du Cinquantenaire*, 1946, de la *Société forestière de Franche-Comté et Provinces de l'Est*.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Encyclopédie biologique. XXVI. *Cytologie végétale et cytologie générale*, par Pierre Dangeard (présenté par M. Chevalier).

TOPOLOGIE. — *Sur la construction de sphères généralisées dans une classe d'espaces topologiques*. Note [1] de M. **Roger Paintandre**, présentée par M. Paul Montel.

1. Nous renvoyons pour les définitions et résultats à nos Notes précédentes [2]. Nous cherchons à construire dans un espace topologique des ensembles ayant des propriétés topologiques analogues à celles des sphères d'un espace métrique. Nous appellerons *sphères de centre x* une famille $\{W\}$ d'ensembles satisfaisant aux conditions suivantes : S_1. Les W forment une base de voisinages ouverts de x. S_2. Pour tout couple W_1 et W_2, on a soit $\overline{W_1} \subset W_2$, soit $\overline{W_2} \subset W_1$, soit $W_1 = W_2$. S_3. Pour tout couple $W_1 \subset W_2$ avec $W_1 \neq W_2$, il existe W_3 avec $\overline{W_1} \subset W_3 \subset \overline{W_3} \subset W_2$. S_4. Toute réunion de sphères de centre x est une sphère de centre x. Nous montrons alors :

Théorème 13. — *La condition nécessaire et suffisante pour qu'un espace accessible possède une famille de sphères de centre x est qu'il soit sphérique en x* [3] *et complètement régulier.*

1° *Condition nécessaire.* — La sphéricité est évidente. On construit une famille de sphères de centre x isomorphe à l'ensemble des nombres dyadiques de $(0, 1)$ et par complétion une famille isomorphe à l'ensemble des nombres réels $0 < t \leq 1$. Ces sphères sont les sphères de niveau d'une fonction caractéristique [3] pour x et un de ses voisinages donné.

2° *Condition suffisante.* — $\{T_i\}$ est une suite transfinie fondamentale de voisinages de x, totalement ordonnée par inclusion. A chaque T_i correspond une fonction caractéristique F_i, pour x et T_i. Posons $W_{i,k} = F_i^{-1}(0 \leq x' < k)$. On construit une sous-famille $\{T_{i_r}\}$ fondamentale telle que $T_{i_{r'}} \subset W_{i_r, 1/2}$ pour $r' > r$. Les $W_{i_r,k}$ pour $1/2 < k \leq 1$ forment une famille de sphères de centre x.

---

(1) Séance du 30 mai 1947.

(2) R. Paintandre, *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 1806.

(3) S. Lefschetz, *Algebric topology*, Chap. II, § 34, p. 27.

Cette construction est locale. Si les conditions du théorème sont réalisées en deux points, on peut en ces points construire une famille de sphères dite *complète*, satisfaisant à l'axiome supplémentaire : S_5. Tout point de X appartient à une sphère de centre x.

2. Soit X un espace uniformément sphérique. Il satisfait ([4]) à la condition : Dans l'espace X^2, pour tout entourage V ([5]), il existe une fonction caractéristique pour V et la diagonale. Des raisonnements identiques aux précédents permettent alors de construire une famille $\{d\}$, d'entourages *symétriques* satisfaisant à des conditions identiques aux conditions S_1, S_2, S_3, S_4, S_5. On les appellera *entourages sphériques de* X. Les d-voisinages d'un point x forment une famille complète de sphères de centre x. Étant donnés deux points x et y, nous appellerons *écart abstrait* (x, y) l'entourage sphérique d, réunion des entourages sphériques d', tels que x et y ne soient pas d'-voisins. On montre alors qu'il y a identité entre les espaces uniformément sphériques munis de cet écart, et les espaces écartisés réguliers de M. Fréchet ([6]). Ce dernier résultat a déjà été obtenu par d'autres voies par M. Colmez (*Rev. Sc.*, 1947, p. 39).

3. On peut généraliser aux espaces sphériques les propriétés des sphères des espaces métriques. M. E. Blanc a défini sous le nom de *quasi convexité* ([6]) une importante condition de régularité de la distance dans les espaces métriques. C'est en réalité une propriété des sphères. Appelons *sphère fermée de centre* x, W^*, l'intersection des sphères (ouvertes) contenant *strictement* la sphère ouverte W. On montre que les deux propriétés suivantes sont équivalentes : QC1) $W^* = \overline{W}$. QC2.) Pour tout couple x, y, et tout voisinage $V(y)$, il existe une sphère $W(x)$ de centre x telle que $W(x) \cap V(y) \neq \emptyset$ avec $y \notin W^*$. Un espace satisfaisant à ces propriétés est dit *quasi convexe*. C'est une propriété topologique. Nous étendons sans peine les résultats de M. E. Blanc relatifs à la quasi-convexité, et nous établissons quelques résultats nouveaux :

Théorème 14. — (Existence de sphères tangentes extérieurement). *Soit* X *un espace sphérique quasi convexe, et* $W(x)$ *et* $W'(y)$ *des sphères centrées en* x *et* y. *Si* $W(x)$ *est la plus grande sphère de centre* x *ne coupant pas* $W'(y)$, $W'(y)$ *est la plus grande sphère de centre* y *ne coupant pas* $W(x)$.

Théorème 15. — *Si un espace sphérique* X *possède deux structures sphériques quasi convexes, les familles de sphères de centre* x *dans ces deux structures sont isomorphes* (au sens de l'ordre).

Théorème 16. — *Tout espace sphérique peut être plongé topologiquement dans un espace sphérique quasi convexe.*

([4]) A. Weil, *Espaces à structure uniforme*, etc., p. 14.

([5]) *Ibid.*

([6]) *Comptes rendus*, **221**, 1945, p. 337 et *Port. Math.*, 1946; R. Doss, *Comptes rendus*, **223**, 1946, pp. 14 et 1087.

([7]) *Les espaces métriques quasi convexes*, Thèse, Paris, 1938.

4. Plusieurs métriques différentes, dans un espace métrique, peuvent être compatibles avec la même structure sphérique. Il y a donc des propriétés de la distance qui ne sont pas des propriétés des sphères, par exemple la convexité au sens de M. Menger ([8]). De telles propriétés ne pourront pas être généralisées directement aux espaces sphériques.

MÉCANIQUE PHYSIQUE — *Réduction des frottements mécaniques dans les paliers de roulement.* Note ([1]) de M. **Paul Gérard**, présentée par M. Armand de Gramont.

Pour réduire les forces de frottement apparaissant au lieu de contact de deux solides, on a coutume d'interposer entre eux des éléments de révolution. Au frottement de glissement se substitue alors le frottement de roulement qui est moindre. On peut aussi séparer les deux solides par un film fluide qui doit présenter certaines qualités appropriées au cas envisagé.

Nous avons étudié et réalisé un procédé différent qui consiste à créer un champ de pressions entre les deux solides.

Le corps suspendu se trouve constamment en équilibre stable dans ce champ; qualité qui peut subsister même en l'absence de tout mouvement relatif des deux solides, si la source de pression est indépendante du système envisagé.

Le fluide mis en œuvre ne doit plus nécessairement posséder certaines qualités (onctuosité, viscosité). On peut donc en choisir la nature avec une trés grande liberté.

Les frottements se trouvent supprimés quand les solides en présence n'ont pas de mouvement relatif, puisqu'il s'agit alors d'un corps flottant dans un fluide.

S'il y a mouvement, l'énergie dissipée dans le sein du fluide peut être réduite à volonté par la mise en œuvre d'agents liquides ou gazeux de très faible viscosité.

Dans le cas des grandes vitesses de rotation, le rotor suspendu dans un tel champ de pressions se centre librement sur son axe d'inertie, d'où suppression des vibrations.

Pour que l'équilibre soit stable, il faut que tout déplacement du solide suspendu par rapport à son support entraîne une modification du champ telle que la résultante des pressions s'oppose au déplacement considéré. Autrement dit, il faut que les pressions tendent à diminuer dans les zones où le solide suspendu s'écarte de son support, ou inversement à augmenter dans les zones où le solide suspendu se rapproche de son support; ces deux effets peuvent aussi se combiner.

([8]) *Math Ann.*, **100**, 1928, pp. 75 et suiv.

([1]) Séance du 7 juillet 1947.

L'application de cette théorie aux paliers de roulement fera comprendre les moyens mis en œuvre pour obtenir ces résultats. A l'intérieur des paliers (*fig.* 1 et 2) sont ménagées des chambres de pression, et entre ces chambres, des rainures.

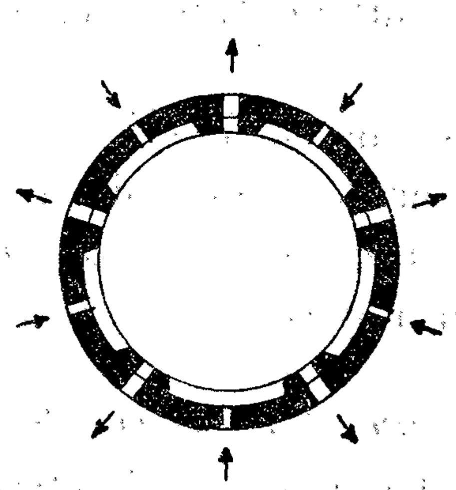


Fig. 1.

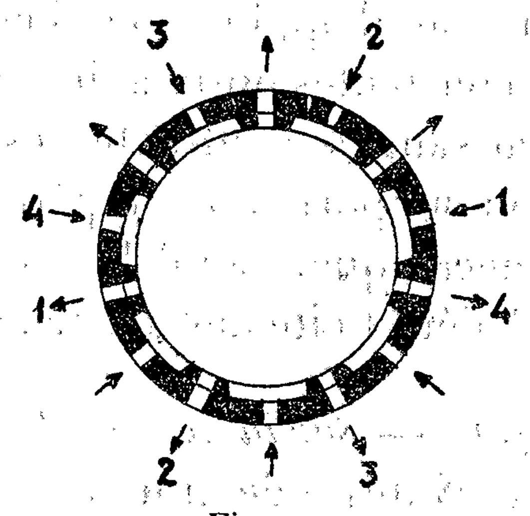


Fig. 2.

La figure 1 représente un palier destiné à soutenir un arbre soumis à des forces variables en grandeur, direction et sens. Les chambres sont alimentées en fluide sous pression à travers des orifices réduits. Les rainures servent exclusivement à l'évacuation du fluide. On voit que, si l'arbre tend à se rapprocher d'une chambre, la section d'évacuation de cette chambre diminue, la pression régnant dans cette chambre augmente donc, tandis que, par l'effet inverse, la pression diminue dans la chambre opposée.

Nous avons réalisé une broche de rectification munie de deux paliers en application de ce principe. Ces paliers sont alimentés en eau ordinaire à une pression de 5 kg/cm². Les vitesses obtenues sont voisines de 18 000 tours par minute avec un arbre de diamètre 30^{mm}.

La figure 2 représente un palier destiné à soutenir un arbre soumis à une force constante telle que la pesanteur.

Les chambres inférieures sont alimentées en fluide sous pression. Chacune des rainures inférieures communique avec celle des chambres supérieures qui lui est diamétralement opposée. Les rainures supérieures servent à l'évacuation du fluide.

On voit que, si l'arbre tend à se rapprocher d'une chambre supérieure, la pression augmente dans cette chambre, d'une part, parce que la section d'alimentation de cette chambre augmente, tandis que, d'autre part, sa section d'évacuation diminue.

Nous avons réalisé un appareil de démonstration muni de deux paliers suivant ce principe. Ces paliers sont alimentés en eau ordinaire à une pression de 2 kg/cm² environ.

Nous avons pu contrôler la réduction du frottement : électriquement, en vérifiant qu'il n'existait aucun contact entre rotor et stator; mécaniquement, en déduisant la valeur du couple résistant statique de l'observation des oscillations que prend le rotor déséquilibré abandonné à lui-même.

Ce couple est de 3,45 cm-g pour un rotor de 50^{kg}. Pour une même masse montée sur roulements à billes spéciaux, le couple résistant statique serait de 20 cm-g environ. Le frottement résiduel que nous avons constaté est dû aux imperfections de l'appareil.

Dans chaque cas d'application, l'étude mathématique permet aisément de déterminer les constantes optima du palier.

Enfin, connaissant la résultante des pressions en fonction de la position du mobile dans son support, nous espérons tirer des conclusions applicables à la construction mécanique, pour la compensation des erreurs dues aux jeux des liaisons et à l'élasticité des matériaux employés.

AÉRODYNAMIQUE. — *Sur la mesure des pressions dans un écoulement fluide avec ondes de choc.* Note [1] de MM. **Louis Viaud** et **André Benoit**, présentée par M. Joseph Pérès.

Plusieurs auteurs [2] ont mis en évidence les perturbations apportées à la couche limite d'un écoulement fluide supersonique, par une onde de choc venant frapper la paroi. Il en résulte que les indications données par des prises de pressions de paroi ne permettent pas, au voisinage du choc, de connaître les pressions dans le milieu fluide.

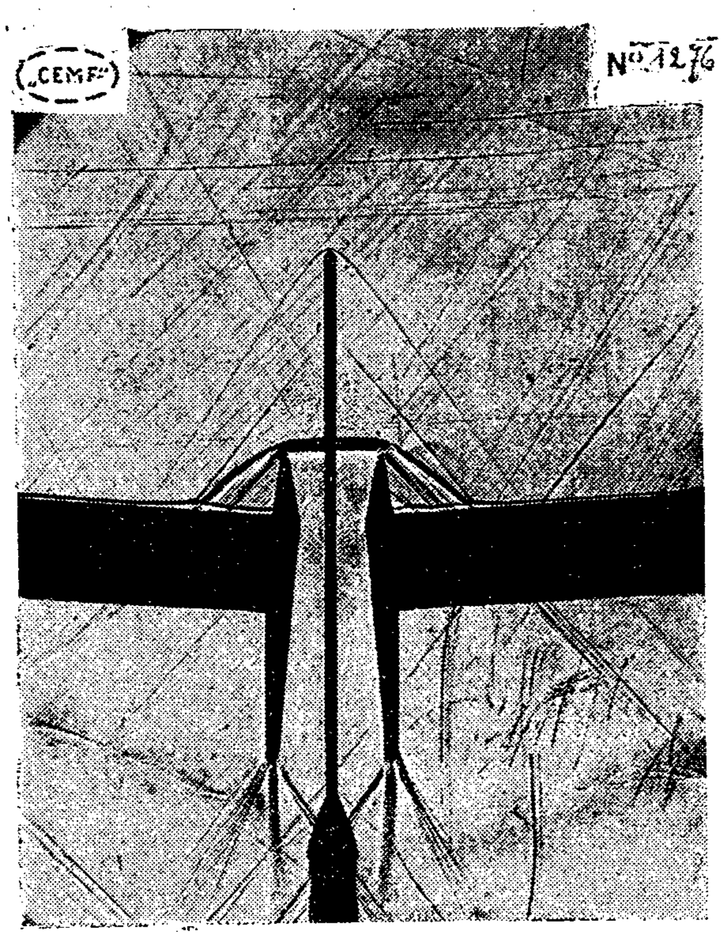


Fig. 1. — (= 1,86), longueur des profils, 50^{mm}; envergure, 120^{mm}; diamètre de la sonde ø, $15/10^{mm}$.

Nos essais ont montré que les indications d'une antenne statique sont égale-

---

(1) Séance du 30 juin 1947.

(2) Helmbold, *Lilienthal Gesellschaft*, n° 156, Munich, 1942, Traduction Service de Documentation, Ministère de l'air, n° 3766); J. Ackeret, F. Feldmann et N. Rott, *Publication de l'Institut Aérodynamique de Zurich*, n° 10; H. W. Liepman, *J. of the Aeronautical sciences*, 1946, p. 623; E. V. Laitone, *J. of the Aeronautical sciences*, 1946, p. 646.

ment erronées lorsque cette antènne traverse une onde de choc, normale ou oblique.

La photographie 1 montre la perturbation de l'écoulement provoqué par une sonde utilisée pour mesurer la répartition de la pression selon l'axe d'une tuyère présentant une onde de choc plane à l'entrée.

A la pointe de la sonde se trouve le cône de choc bien classique, qui, à quelque distance de la pointe, se confond avec le cône de Mach.

A partir d'un point E (*fig.* 2) on constate une sorte de décollement tourbillonnaire qui donne naissance à un cône de compression E, F, G.

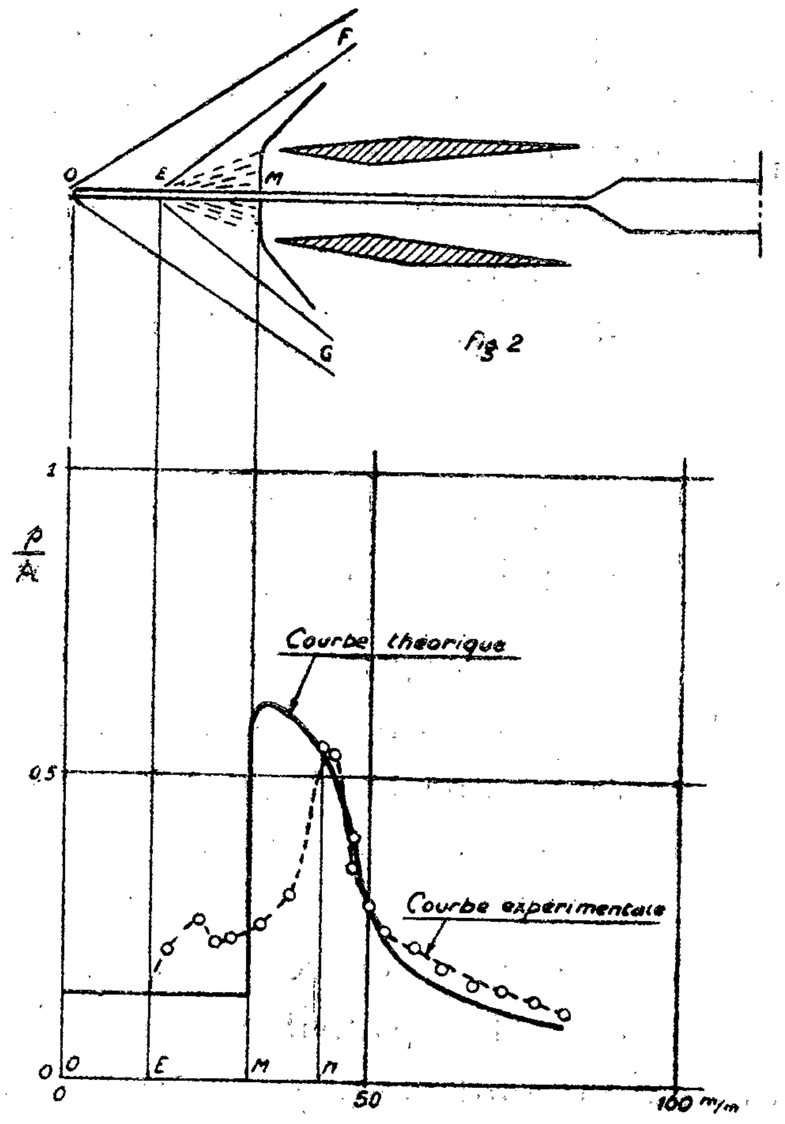


Fig 3

On peut expliquer le décollement au point E par un courant de retour qui se propage de l'amont vers l'aval au travers de la couche limite sous l'action de la différence de pression de part et d'autre du choc (pression aval/pression amont $\neq 4$).

La figure 3 donne la répartition des pressions indiquées par la prise que l'on peut comparer avec la répartition théorique. Les pressions étant rapportées à la pression génératrice p_i.

On constate que :

1° Les deux courbes sont confondues jusqu'à ce que l'orifice O de mesure atteigne le point E;

2° en E la pression indiquée par la prise monte brusquement à la traversée du cône de compression EF;

3° cet accroissement de pression est suivi d'une légère détente, après laquelle la remontée s'effectue progressivement jusqu'à atteindre une valeur maximum à une abscisse N nettement en aval du choc indiqué par la photo et qui coïncide avec le choc théorique;

4° le maximum de pression indiqué par la prise en aval du choc est inférieur à la valeur théorique;

5° les deux courbes redeviennent confondues à partir du point P lorsque l'antenne cesse de traverser l'onde de choc.

Ainsi l'antenne de pression statique indique à la traversée d'un choc un accroissement de pression moindre que l'accroissement théorique, une étendue du choc beaucoup plus grande qu'elle ne l'est en réalité et la position du maximum est nettement en aval de sa position réelle. Dans ce cas particulier, avec les seules données de la sonde, on serait conduit à situer le choc au voisinage du col de la tuyère alors qu'il se produit effectivement en amont de l'entrée.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Divers modes de changements d'états du corpuscule de spin un et zéro.* Note [1] de MM. **Jules Géhéniau** et **Jacques van Isacker**.

1. L'intérêt de la théorie du corpuscule de spin un et zéro, développée par L. de Broglie d'abord pour l'interprétation des phénomènes lumineux, s'est accru par la découverte du méson. Celui-ci possède en effet des états de spin un et des états de spin zéro, alors que le photon ne se présente pas avec le spin zéro.

Pourtant, l'étude de l'interaction entre la lumière et l'électron par cette théorie conduisait à envisager des transitions non seulement entre états de spin un et état d'annihilation (émission, absorption), mais encore entre états de spin un et états de spin zéro [2]. Le but de la présente Note est de préciser ces diverses possibilités de transitions.

2. *L'opérateur d'interaction* H, qui généralise naturellement celui utilisé dans la théorie de l'interaction entre la lumière et l'électron, est une fonction linéaire des matrices

$$(1)\qquad \Gamma_{+}^{\alpha} = \gamma^{\alpha} \times I + I \times \gamma^{\alpha}, \qquad \Gamma_{+}^{\alpha\beta} = \gamma^{\alpha\beta} \times I + I \times \gamma^{\alpha\beta},$$

$$(2)\qquad \Gamma_{+}^{5\alpha} = \gamma^{5\alpha} \times I + I \times \gamma^{5\alpha}, \qquad \Gamma_{+}^{5} = \gamma^{5} \times I + I \times \gamma^{5}$$

et des matrices Γ_{-} obtenues en remplaçant dans (1) et (2) les signes plus par

---

(1) Séance du 7 juillet 1947.

(2) J. Géhéniau, *Comptes rendus*, **206**, 1938, p. 1711 et *Acad. Roy. Belg.*, *Cl. des Sciences*, Mémoires, XVIII, 1938; L. de Broglie, *Une nouvelle théorie de la lumière*, **2**, Paris, 1942, p. 71 et suiv.

moins. Les I, γ^α, $\gamma^{\alpha\beta} = i\gamma^\alpha\gamma^\beta$, $\gamma^{5\alpha} = i\gamma^5\gamma^\alpha$, $\gamma^5 = \gamma^1\gamma^2\gamma^3\gamma^4$ sont les seize matrices formées avec les matrices de rang quatre γ^α,

$$\gamma^\alpha\gamma^\beta + \gamma^\beta\gamma^\alpha = 2g^{\alpha\beta}\mathrm{I}, \qquad g^{11} = g^{22} = g^{33} = -g^{44} = -1. \tag{3}$$

La notation $\times$ désigne le produit direct.

Ainsi,

$$\mathrm{H} = \mathrm{N}^+_\alpha\Gamma^\alpha_+ + \mathrm{N}^+_{\alpha\beta}\Gamma^{\alpha\beta}_+ + \mathrm{N}^+_{5\alpha}\Gamma^{5\alpha}_+ + \mathrm{N}^+_5\Gamma^5_+ + \mathrm{N}^-_\alpha\Gamma^\alpha_- + \mathrm{N}^-_{\alpha\beta}\Gamma^{\alpha\beta}_- + \mathrm{N}^-_{5\alpha}\Gamma^{5\alpha}_- + \mathrm{N}^-_5\Gamma^5_-, \tag{4}$$

où les N^+, N^- sont relatives à la particule de spin 1/2 qui agit sur la particule de spin un et zéro; elles renferment en outre en facteur la fonction de Dirac $\delta(\overline{x} - \overline{\mathrm{X}})$ indiquant que l'interaction se fait par coïncidence. Nous n'avons pas écrit le terme en la matrice unité $\mathrm{I} \times \mathrm{I}$ qui pourrait encore figurer dans (4). L'expression en N^-_α correspond à l'ancien opérateur d'interaction de la théorie du photon.

3. L'état du corpuscule de spin un et zéro est représenté par seize fonctions d'onde ψ_{rs} qui forment les composantes d'un spineur de rang deux. Ce spineur est réductible en trois groupes de fonctions, la fonction d'annihilation A, le vecteur et le tenseur antisymétrique U_α, $\mathrm{U}_{\alpha\beta}$ relatifs à l'état de spin un, le pseudovecteur et le pseudoscalaire Z_α, Z représentant des états de spin zéro. On a

$$2\psi = \mathrm{A}a + \mathrm{U}_\alpha\gamma^\alpha a + \mathrm{U}_{\alpha\beta}\gamma^{\alpha\beta}a + \mathrm{Z}_\alpha\gamma^{5\alpha}a + \mathrm{Z}\gamma^5 a, \tag{5}$$

$$2\psi = \Sigma\mathrm{A}_p\gamma^p a, \qquad p = 1, \ldots, 16, \tag{5'}$$

où a est une matrice telle que

$$a\tilde{\gamma}^\alpha = -\gamma^\alpha a \quad \text{d'où} \quad a\tilde{\gamma}^{\alpha\beta} = -\gamma^{\alpha\beta}a, \tag{6}$$

$$a\tilde{\gamma}^{5\alpha} = \gamma^{5\alpha}a, \qquad a\tilde{\gamma}^5 = \gamma^5 a, \tag{7}$$

et $\tilde{\gamma}$ est la transposée de γ.

4. Avec (4) apparaissent dans l'expression de la section efficace pour la transition $\psi' \to \psi$ des tenseurs de la forme

$$\psi^\star\Gamma\psi', \tag{8}$$

où $\psi^\star$ est le spineur *adjoint* de ψ :

$$\psi^\star = \overline{\psi}\mu \times \mu, \qquad \gamma^\alpha_+\mu = \mu\gamma^\alpha, \tag{9}$$

$$\tilde{\mu}\,a_+\mu = a^{-1} \qquad (\mu = \mu_+). \tag{10}$$

Le tiret signifie l'imaginaire conjugué, a^{-1} est l'inverse de a, et γ_+ est la transposée conjuguée de γ. En utilisant ces formules, nous obtenons, pour $4\psi^\star\mathrm{H}\psi'$, l'expression suivante :

$$\begin{aligned}&\mathrm{N}^\pm_\alpha\ \mathrm{tr.}\ \gamma^p(\gamma^\alpha\gamma^{p'} \mp \gamma^{p'}\gamma^\alpha)\,\overline{\mathrm{A}}_p\mathrm{A}_{p'} + \mathrm{N}^\pm_{\alpha\beta}\ \mathrm{tr.}\ \gamma^p(\gamma^{\alpha\beta}\gamma^{p'} \mp \gamma^{p'}\gamma^{\alpha\beta})\,\overline{\mathrm{A}}_p\mathrm{A}_{p'}\\ &+ \mathrm{N}^\pm_{5\alpha}\ \mathrm{tr.}\ \gamma^p(\gamma^{5\alpha}\gamma^{p'} \pm \gamma^{p'}\gamma^{5\alpha})\,\overline{\mathrm{A}}_p\mathrm{A}_{p'} + \mathrm{N}^\pm_5\ \mathrm{tr.}\ \gamma^p(\gamma^5\gamma^{p'} \pm \gamma^{p'}\gamma^5)\,\overline{\mathrm{A}}_p\mathrm{A}_{p'}\end{aligned} \tag{11}$$

dans laquelle il faut prendre successivement les signes supérieurs et les signes inférieurs, puis ajouter les résultats obtenus. Le symbole tr. signifie trace de.

De (11) se tirent immédiatement, en faisant appel aux règles de commutation des matrices γ, les conclusions suivantes. Les termes en N^+_α, $N^+_{\alpha\beta}$ expriment des transitions sans changement de spin (un ou zéro) et ne renferment pas l'état d'annihilation A; les termes en $N^-_{5\alpha}$, N^-_5 transforment un état de spin un en état de spin zéro, et réciproquement; les termes en N^-_α, $N^-_{\alpha\beta}$ provoquent également des transitions avec changement de spin, mais sont en outre responsables des phénomènes d'émission et d'absorption du corpuscule de spin un; enfin, les termes en $N^+_{5\alpha}$, N^+_5 produisent des transitions entre états de spin un ainsi que l'émission et l'absorption du corpuscule de spin zéro.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *La réaction de rayonnement.* Note (¹) de M. **René Reulos**.

Nous avons exposé (²) une méthode d'intégration des équations de Maxwell, apparentée au calcul opérationnel, qui donne le champ électrique sous la forme de deux *séries de tourbillons* convergentes et quelquefois sommables. L'un de ces champs est une fonction *paire* de la constante c, vitesse des ondes, l'autre est une fonction *impaire* de cette quantité.

Le champ de la série paire est lié à la matière électrisée; son premier terme est le champ électrostatique, armature fondamentale du champ électrique, et qui prédomine à faible distance. Le deuxième est le champ d'accélération, générateur d'inertie et de self-induction. Les termes suivants se manifestent à mesure que la distance augmente et présentent le caractère d'un sillage : c'est la perturbation subie par le champ sous l'effet du mouvement qui altère les conditions de l'équilibre électrostatique.

Le champ de la série impaire représente *ce qui manque au premier champ pour qu'il puisse rayonner de l'énergie*. Ces deux champs que l'on ne peut produire séparément sont cependant l'un et l'autre des solutions des équations de Maxwell. Le premier contient toutes les singularités, origines de difficultés; nous l'appellerons le *champ stationnaire*. Le deuxième que l'on peut appeler *champ de rayonnement* n'en contient aucune; il est de ce fait beaucoup plus maniable.

Il paraissait tout indiqué de s'adresser uniquement au champ de rayonnement dans les problèmes d'interaction à faible distance relatifs à l'énergie rayonnée, et de se débarrasser ainsi des singularités dues au champ station-

(¹). Séance du 23 juin 1947.

(²) *Comptes rendus*, **198**, 1934, p. 1015; **208**, 1939, p. 423; *Ann. de Phys.*, 11ᵉ série, **7**, mai-juin, 1947, p. 700 à 789; *Cahiers de Phys.*, nº **3**, septembre 1941.

naire; c'est ainsi que nous avons appliqué cette méthode au calcul des *résistances de rayonnement*.

Nous avons traité le cas d'une antenne unifilaire parcourue par un courant alternatif sinusoïdal et nous admettons la répartition sinusoïdale du courant le long de l'antenne, régime qui constitue généralement une bonne approximation. Soit $i = \mathrm{I}\cos\omega t \sin[2\pi(x/\lambda) - a] = i\sin(\xi - a)$ avec $i = \mathrm{I}\cos\omega t$ et $\xi = 2\pi x/\lambda$, ξ variable sans dimensions, qui attribue à la longueur d'onde la longueur 2π. Nous prenons pour origine un des bouts de l'antenne, l'autre a pour abscisse l, longueur de celle-ci. Nous décomposons l'antenne en doublets rayonnants de moment $d\mathfrak{M} = (i/\omega)\,dx$, en quadrature avec le courant.

Nous formons l'expression du champ électrique de rayonnement en un point de l'axe d'abscisse η. Ce champ est dirigé suivant l'axe, par raison de symétrie, il a pour expression, en posant $r = \eta - \xi$,

$$(1)\qquad \mathrm{E} = \frac{4\pi i}{c\lambda}\int_0^\rho \left[\frac{2}{3!} + \Sigma(-1)^p \frac{(2p+2)}{(2p+3)!} r^{2p}\ldots\right]\sin(\xi + a)\,d\xi$$

$$= \frac{4\pi i}{c\lambda}\int_0^\rho \left[\frac{\sin r}{r^3} - \frac{\cos r}{r^2}\right]\sin(\xi + a)\,d\xi.$$

Ce champ pourrait s'obtenir également à partir de la formule bien connue du doublet rayonnant, en formant, selon le point de vue de M. Dirac, la demi-différence des ondes émises (outcoming) et des ondes incidentes fictives (incoming) obtenues en changeant le signe de la vitesse de propagation.

Nous formons ensuite l'expression de la puissance consommée le long du conducteur, par réaction du champ sur les différents éléments qui composent l'antenne, on obtient ainsi

$$(2)\quad \mathrm{P} = \mathrm{R}i^2 = i^2 60\int_0^\rho\int_0^\rho \left[\frac{\sin(\xi - \eta)}{(\xi - \eta)^3} - \frac{\cos(\varepsilon - \eta)}{(\xi - \eta)^2}\right]\sin(\xi + a)\sin(\eta + a)\,d\xi\,d\eta,$$

qui donne la résistance de rayonnement R (exprimée en ohms). Cette formule ne suppose pas nécessairement que le courant s'annule aux extrémités, celles-ci pouvant aboutir à une capacité isolée, ou à une impédance accordée sur le régime oscillatoire prévu. Dans ce dernier cas, il existe généralement un autre oscillateur symétrique jouant le rôle de contrepoids, ou une image électrique, et nous sommes conduit à introduire la *résistance mutuelle* exercée par un des circuits sur l'autre. Nous traitons alors de la même façon l'interaction de deux antennes unifilaires symétriques, de longueur l, placées bout à bout sur le même axe et reliées par une impédance.

Nous adoptons sur chaque antenne pour sens positif, celui qui s'éloigne de l'origine. Les abscisses sont donc nécessairement positives. Soient $\mathrm{O}\zeta$ et $\mathrm{O}\eta$ ces deux demi-axes dans le prolongement l'un de l'autre, a la phase à l'origine, la

résistance mutuelle a pour expression

$$(3)\qquad R_m = \pm 60\int_0^l\int_0^l\left[\frac{\sin(\zeta+\eta)}{(\zeta+\eta)^3}-\frac{\cos(\zeta+\eta)}{(\zeta+\eta)^2}\right]\sin(\zeta+a)\sin(\eta+a)\,d\zeta\,d\eta.$$

Les signes + et — signifient que les phases sont égales ou opposées en des points homologues, dans les deux antennes. On trouve

$$\begin{aligned}(4)\qquad \frac{R}{15} = & -2\left[1-\frac{\sin 2l}{2l}-S(2l)\right]\\ & +\cos 2a\left[1+\cos 2l-\frac{1-\cos 2l}{4l^2}(1-\cos 2l-\sin 2l)\right]\\ & +\sin 2a\left(\frac{1-\cos 2l}{l}-\sin 2l\right),\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}(5)\qquad \frac{Rm}{15} = & \, 1-(1+\cos 2l)(1-\cos 2l)\frac{1}{2l^2}+\frac{1}{8l^2}\cos 2l(1-\cos 4l)-\frac{\sin 2l}{l}(1+\sin 2l-\sin 4l)\\ & -\cos 2a\left[1-\frac{\sin 2l}{l}+\frac{\sin 4l}{4l}2S(2l)+4S(4l)\right]\\ & +\sin 2a\left[\frac{1-\cos 4l}{4l}+\frac{1-\cos 2l}{l}+S_i 4l\right]\end{aligned}$$

avec

$$S_i x = x\int_0^x \frac{\sin x}{x}\,dx,\qquad S(x)=\int_0^x\frac{1-\cos x}{x}\,dx.$$

C'est ainsi que la résistance d'une antenne verticale quart d'onde, élevée sur un sol plan conducteur, apparaît comme la somme de sa résistance propre et de la résistance mutuelle de l'image et de l'antenne : on trouve la moitié de la résistance propre de l'antenne demi-onde isolée. Cet exemple est proposé parce que le résultat est bien connu, mais les formules (4) et (5) s'appliquent aussi bien à une antenne de longueur quelconque, reliée au sol par une impédance d'accord.

La même méthode permettrait une étude approchée de systèmes résonnants plus compliqués, dont les éléments réactifs ne sont pas situés sur le même axe.

PHYSIQUE GÉNÉRALE. — *Oscillations de deux pendules de résonance.* Note (1) de MM. **Constantin Sâlceanu** et **Semlien Adam**, présentée par M. Aimé Cotton.

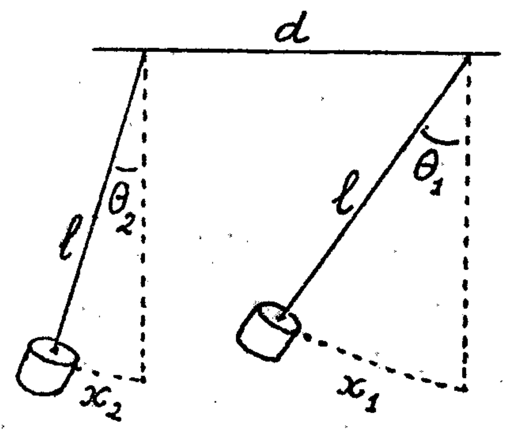
Le problème de deux pendules de résonance a été étudié au point de vue théorique (2). Pour arriver à des résultats qui puissent être vérifiés expérimentalement, il est nécessaire d'ajouter les remarques suivantes : Les deux pendules s'influencent réciproquement par l'intermédiaire d'un fil élastique qui transmet le moment de torsion $M_t = \theta C \mathcal{J}/d$ (où $\theta = \theta_2 - \theta_1$, C module d'élasticité de torsion, d distance qui sépare les deux pendules et $\mathcal{J}$ moment d'inertie polaire $\pi D^4/32$, où D est le diamètre du fil). Nous aurons

(1) Séance du 7 juillet 1947.

(2) G. Bruhat, *Cours de Mécanique physique*, Paris, 1933, p. 419.

donc $M_t = [(\theta_2 - \theta_1) C\pi D^4/32 d]$ ou bien (*fig.* 1) $M_t = [(x_2 - x_1) C\pi D^4/32 dl]$.

Si M_i est le moment des forces d'inertie et M_g le moment des forces gravi-



tationelles, nous aurons $M_i + M_t + M_g = 0$. Pour le premier pendule on a $M_i = m(d^2x_1/dt^2)\, l$ et $M_g = mgx_1$, donc

$$\frac{d^2x_1}{dt^2} + \frac{C\pi D^4}{32\, m\, dl^2}(x_2 - x_1) + \frac{g}{l}x_1 = 0.$$

Pour le second pendule

$$\frac{d^2x_2}{dt^2} + \frac{C\pi D^4}{32\, m\, dl^2}(x_2 - x_1) + \frac{g}{l}x_2 = 0.$$

Si nous posons $C\pi D^4/32 m\, dl^2 = k$ et $g/l = \alpha = \omega^2$ nous aurons

$$\frac{d^2x_1}{dt^2} + k(x_2 - x_1) + \alpha x_1 = 0 \qquad \text{et} \qquad \frac{d^2x_2}{dt^2} + k(x_2 - x_1) + \alpha x_2 = 0.$$

La solution générale de ces deux équations est

$$x_1 = \lambda_1 \cos\omega t + \lambda_2 \cos\sqrt{2K + \alpha}\,.\,t + \lambda_3 \sin\omega t + \lambda_4 \sin\sqrt{2K + \alpha}\,.\,t$$

et

$$x_2 = \lambda_1 \cos\omega t - \lambda_2 \cos\sqrt{2K + \alpha}\,.\,t + \lambda_3 \sin\omega t - \lambda_4 \sin\sqrt{2K + \alpha}\,.\,t$$

où λ_1, λ_2, λ_3 et λ_4 sont des constantes arbitraires qu'on détermine par les conditions initiales ($t = 0$, $x_1 = a$, $x_2 = 0$) et ($dx_1/dt = 0$ et $dx_2/dt = 0$).

On obtient $\lambda_1 = \lambda_2 = a/2$, et $\lambda_3 = \lambda_4 = 0$. Donc

$$x_1 = \alpha \cos\frac{\sqrt{2K + \alpha} + \omega}{2} t \cos\frac{\sqrt{2K + \alpha} - \omega}{2} t$$

et

$$x_2 = a \sin\frac{\sqrt{2K + \alpha} + \omega}{2} t \sin\frac{\sqrt{2K + \alpha} + \omega}{2} t.$$

Pour les petites valeurs de K, $\sqrt{2K + \alpha}$ tend vers $\omega + K/\omega \simeq \omega$, donc $(\sqrt{2K + \alpha} + \omega)/2 \simeq \omega$ et $(\sqrt{2K\alpha} - \omega)/2 \simeq K/2\omega$. On peut écrire

$$x_1 = a \cos\omega t \cos\frac{K}{2\omega} t = A_1 \cos\omega t \qquad \text{et} \qquad x_2 = a \sin\omega t \sin\frac{K}{2\omega} t = A_2 \sin\omega t,$$

où ω est la même valeur $\sqrt{g/l}$ que pour un pendule simple.

L'amplitude des oscillations des deux pendules A_1 et A_2 varie avec le temps. Leur période commune représente le double du temps s'écoulant entre deux minima d'amplitude

$$T_2 = \frac{2\pi}{\frac{K}{2\omega}} = \frac{4\pi\omega}{K} = \frac{128\, m\, d\, l\sqrt{g\, l}}{C\, D^4}.$$

La proportionnalité inverse entre T_2 et C a été vérifiée par l'un de nous pour 8 métaux différents, dans une Note antérieure. La proportionnalité directe entre T_2 et d se vérifie pour les 8 métaux d'une façon satisfaisante. Toutes les droites passent par l'origine des axes (T_2, d). Par exemple, pour le cuivre, en donnant à d les valeurs 5, 10, 15, 20 et 25^{cm}, on obtient pour T_2 les valeurs suivantes : 5,4; 9,1; 13,4; 16,5 et 20,8 sec.

La proportionnalité inverse entre T_2 et D^4 se trouve de même vérifiée. En travaillant avec trois fils de cuivre ayant comme diamètres 0,05, 0,06 et $0^{cm},07$, on trouve pour le produit $T_2 \times D^4$ respectivement : $20'',8 \times 0,05^4 = 13.10^{-5}$; $10'',4 \times 0,06^4 = 13,5.10^{-5}$ et $5'',5 \times 0,07^4 = 13,2.10^{-5}$. La proportionnalité entre T et m a été vérifiée en employant 2 pendules à tiges de fer ($m = 2^g,25$) et de bois ($m = 1^g,90$) ayant la même longueur du pendule simple équivalente. On a obtenu $T_2(\text{fer}) = 5'',3$ et $T_2(\text{bois}) = 4'',5$ et leur rapport commun 1,18. La proportionnalité directe entre T_2 et $l^{3/2}$ a été prouvée en prenant 2 pendules à tige de bois et de fer, de même masse ($m = 2^g,25$) pour lesquels on a obtenu les longueurs des pendules simples équivalents $l(\text{bois}) = 23^{cm},5$ et $l(\text{fer}) = 17^{cm}$ et les temps respectifs entre 2 minima : $T_2(\text{bois}) = 8''4$ et $T_2(\text{fer}) = 5''3$.

Enfin, la proportionnalité directe entre T_2 et $\sqrt{g}$ montre que la méthode des pendules de résonance peut servir aussi à la détermination de l'accélération de la pesanteur.

THERMODYNAMIQUE. — *Nouvelle méthode de dépouillement des analyses de gaz d'échappement des moteurs à combustion interne.* Note (¹) de M. **Max Serruys**, présentée par M. Albert Caquot.

On sait que la détermination de la richesse du mélange combustible constitue la base nécessaire de tout calcul thermodynamique sérieux relatif au fonctionnement réel d'un moteur à combustion interne.

On sait d'autre part que le diagramme de Grebel et les principales méthodes de dépouillement des analyses de gaz d'échappement qui en découlent conduisent à représenter par des droites les relations existant entre la richesse et les teneurs en acide carbonique, d'une part, en oxygène et en oxyde de carbone des gaz brûlés, d'autre part, alors que les relations exactes existant théoriquement entre ces différentes grandeurs définissent seulement des branches d'hyperboles assez tendues.

(¹) Séance du 23 juin 1947.

Par ailleurs, il est évident qu'on ne saurait considérer comme logiques les hypothèses sur lesquelles reposent ces méthodes, et qui consistent à admettre, d'une part que les proportions relatives des différentes sortes d'imbrûlés sont, pour un même carburant, indépendantes de la richesse, d'autre part, et surtout que, s'il subsiste à la fois de l'oxygène et de l'oxyde de carbone, on doit remplacer l'analyse brute par une *analyse réduite* obtenue en réalisant fictivement la combinaison de tout ou partie de l'oxygène avec l'oxyde de carbone et uniquement avec ce gaz.

Désireux d'éviter ces inconvénients, nous avons cherché une méthode de calcul direct de la richesse qui ne fasse pas intervenir d'autre hypothèse que l'absence de carbone solide dans les gaz brûlés.

Pour cela, nous avons remarqué que si l'on définit la richesse comme le rapport existant entre la quantité de carburant qui est effectivement associée à la même masse d'air dans le mélange réel et dans le mélange théorique, tout le carbone du carburant devant se retrouver dans les produits de combustion, ainsi que l'azote de l'air, on peut aussi définir la richesse comme :

Le rapport existant entre la quantité totale de carbone réellement associée dans les gaz d'échappement, à une masse donnée d'azote *provenant de l'air* et la quantité totale de carbone qui aurait été associée à la même masse d'azote *provenant de l'air* dans le mélange théorique.

Remarquant d'ailleurs que tout combustible ne contenant que du carbone, de l'hydrogène et de l'azote peut être représenté par une formule réelle ou fictive de la forme $C_xH_yO_zN_u$ et que la réaction de combustion du mélange théorique peut alors s'écrire

$$(C_xH_yO_zN_u)+\left(x+\frac{y}{4}-\frac{z}{2}\right)(O_2+3{,}76\,N_2)=x\,CO_2+y\,H_2O+\left[3{,}76\left(x+\frac{4}{y}-\frac{z}{2}\right)+\frac{u}{2}\right]N_2,$$

on voit immédiatement que la quantité d'azote provenant d'un carburant ayant donné lieu au total à la formation de $CO_2+CO+CH_4+C_nH_{2n}+C_pH_q$ molécules de produits de combustion contenant du carbone, est

$$\frac{u}{2x}(CO_2+CO+CH_4+n\,C_nH_{2n}+p\,C_pH_{2p}).$$

Il est alors évident que la richesse r cherchée a pour expression

$$(1)\qquad r=\frac{CO_2+CO+CH_4+n\,C_nH_{2n}+p\,C_pH_q}{N_2-\dfrac{u}{2x}(CO_2+CO+CH_4+n\,C_nH_{2n}+p\,C_pH_q)}\;\frac{3{,}76\left(x+\dfrac{Y}{4}-\dfrac{Z}{2}\right)}{x}.$$

La précision obtenue dans le calcul de la richesse par la formule (1) est d'ailleurs particulièrement satisfaisante, car les teneurs en produits carburés de combustion, et surtout en azote, qui y figurent, sont relativement élevées et par conséquent définies avec une faible erreur relative.

La formule (1) se simplifie d'ailleurs évidemment lorsque le carburant ne contient pas d'azote ($u = 0$) et lorsque les produits de combustion du carbone ne comprennent pas de carbures d'hydrogène autres que le méthane.

Cependant cette formule exige de connaître la composition élémentaire du carburant. Si l'on ne connaît pas celle-ci, il est facile, à condition qu'il ne contienne pas d'azote, de trouver la valeur du coefficient $3,76\,[(x+y/4-z/2)/x]$ de la formule (1) en remarquant que, pour un mélange très pauvre (c'est-à-dire ne donnant pas d'autres produits de combustion que CO_2, O_2, N_2 et H_2O, la richesse est égale au rapport de l'oxygène brûlé à l'oxygène total contenu dans l'air comburant, en sorte qu'on a

$$(2) \qquad \frac{1-r}{1} = \frac{O_2}{\dfrac{N^2}{3,76}} = \frac{3,76\,O_2}{N_2}$$

(puisque l'air contient une molécule d'oxygène pour 3,76 molécules d'azote).

Appliquant la formule (2) à une ou mieux à quelques analyses résultant de mélanges pauvres et exprimant que celle-ci est aussi donnée par la formule (1), il est évident qu'on déterminera sans difficulté la valeur à adopter pour le coefficient $[3,76(x+y/4-z/2)/x]$ en question, ce qui permettra d'appliquer la dite formule (1) aux mélanges normaux ou riches.

Finalement les formules (1) et (2) permettent donc d'obtenir une précision accrue dans la détermination de la richesse, que la composition centésimale du carburant soit connue ou qu'elle ne le soit pas. Il est vrai qu'elle exige en principe de déterminer les teneurs en produits carbonés de combustion autres que CO_2 et CO et en hydrogène, mais les premières sont généralement très faibles et il est facile de vérifier que de légères erreurs sur l'appréciation des secondes influent peu sur la valeur calculée pour la richesse.

THERMODYNAMIQUE. — *L'anomalie de chaleur spécifique présentée par les cristaux d'acétate basique de glucinium, aux environs de* 40° C. Note [1] de M. **Jean Jaffray**, présentée par M. Aimé Cotton.

I. A la température ordinaire, l'acétate basique de glucinium : $(CH_3\,COO)_6\,O\,Be_4$, cristallise dans le système cubique; le réseau est du type diamant et la maille renferme huit molécules [2].

L'étude de la structure aux rayons X à différentes températures a montré à Preston et Trotter [3] une modification progressive du réseau entre 25 et 40°C. A cette dernière température, le cristal est devenu holoèdre; la transfor-

(1) Séance du 16 juillet 1947.

(2) Bragg et Morgan, *Proc. Roy. Soc.*, A **104**, 1923, p. 437; Morgan et Astbury, *Proc. Roy. Soc.*, A, **112**, 1926, p. 441; Paulin et Sherman, *Proc. Nat. Acad. Sc.*, **20**, 1934, p. 431.

(3) *Nature* (Londres), **151**, 1943, p. 166.

mation est parfaitement réversible et sans hystérèse. Beevers [4] a donné une explication détaillée des modifications que subit le cristal dans ce domaine de températures.

Le caractère progressif de la transformation m'a conduit à penser qu'elle pouvait être d'ordre supérieur et se traduire, en particulier, par une anomalie de chaleur spécifique.

II. L'analyse thermique différentielle (méthode du bloc de cuivre) m'a montré effectivement l'existence d'une forte anomalie de chaleur spécifique, avec maximum élevé. La température pour laquelle ce maximum est atteint a été trouvée égale à $40°,5 \pm 0°,5$ C.

III. La chaleur spécifique des cristaux d'acétate de glucinium a été mesurée de part et d'autre de 40° C., par la méthode du calorimètre à conduction thermique [5]. Cette méthode permet la comparaison de la chaleur spécifique moyenne dans un petit intervalle de température du corps étudié à celle d'un corps témoin de chaleur spécifique bien connue (ici le chlorure de potassium). La précision obtenue par cette méthode rapide ne dépasse sans doute pas 2 %.

Quatre séries d'expériences ont été réalisées. Le tableau ci-dessous indique les valeurs de la chaleur moléculaire moyenne dans un intervalle de 1°,5 pour différentes températures comprises entre 24°,4 et 58°,8 C., déduites d'une courbe tenant compte de tous les résultats expérimentaux.

θ(°C.).	Mc_p.	θ(°C.).	Mc_p.
24,4	$131,_6$	42,6	$125,_2$
25,8	$132,_2$	44,0	125
27,1	$132,_8$	45,5	$124,_8$
28,5	$133,_7$	47,0	$124,_6$
29,9	$134,_5$	48,4	$124,_8$
31,3	$135,_5$	49,9	$124,_8$
32,6	$136,_6$	51,4	125
34,1	$137,_9$	52,8	$125,_6$
35,5	$139,_4$	54,3	126
36,9	$141,_6$	55,7	$126,_6$
38,3	$144,_8$	57,2	$127,_4$
39,7	150	58,8	$128,_2$
41,1	$125,_7$		

La chaleur spécifique croît de plus en plus vite à mesure qu'on approche de 40°; elle subit alors une chute brusque. Après la transition, elle décroît lentement jusqu'à un minimum étalé, atteint vers 49°; au delà, elle recommence à croître. On reconnaît ici les caractères des transitions du deuxième ordre du type λ. Toutefois, l'existence d'une faible chaleur latente à la température de transition n'est pas définitivement exclue.

Une étude dilatométrique en cours permettra de reconnaître si l'on est effectivement en présence d'une transformation du second ordre ou s'il s'agit au contraire d'une transformation du premier ordre annoncée.

---

[4] *Nature* (Londres), **153**, 1943, p. 447.

[5] Ziegler et Messer, *J. Amer. Chem. Soc.*, **63**, 1941, p. 2694.

THERMODYNAMIQUE. — *Relation empirique reliant la densité d'un liquide à la densité de la vapeur saturée.* Note de M. **Eddy Mezger**, présentée par M. Jean Cabannes.

Si d_l et d_g sont respectivement les densités d'un liquide et de sa vapeur saturée, si d_c est la densité critique, on a la relation suivante

$$d_l^{\frac{2}{3}} + d_g^{\frac{2}{3}} = 2 d_c^{\frac{2}{3}},$$

qui se trouve vérifiée avec une erreur maximum de 6 % pour l'eau et pour d'autres corps avec une erreur maximum de 3 à 5 %. La précision augmente quand on se rapproche du point critique.

Cette formule peut remplacer la règle du diamètre rectiligne de Cailletet et Mattias, qui se vérifie très mal. En une image un peu grossière, elle revient à dire que la somme du nombre des molécules de liquide et de vapeur qui se font face par centimètre carré de surface libre est constante.

L'intérêt pratique de cette relation est notamment la suivante : la formule de Clapeyron $L = (T/J)(v_g - v_l)(dp/dT)$ donne la chaleur de vaporisation en fonction des volumes occupés par la vapeur et le liquide. Aux températures nettement inférieures à la température critique, on peut se permettre de négliger v_l devant v_g. Il n'en est plus de même à des températures plus élevées, v_l et v_g étant du même ordre. Notre relation empirique peut alors être utile, d'autant plus que sa précision augmente au fur et à mesure qu'on se rapproche du point critique.

Ce sont des considérations théoriques qui ont conduit à la relation proposée, mais les approximations faites au cours de cette théorie, dont l'importance est difficile à estimer, ont conduit, pour l'instant, à proposer cette relation comme formule empirique.

Eau.

Pression atm. absolue.	Tempér. (°C).	Densité de l'eau.	Densité de la vapeur d'eau saturée.	$d_l^{2/3}$.	$d_g^{2/3}$.	ε.	Erreur (%).
0,0062...	0	1	0,00000484	1	0,000286	1	+6,15
0,1......	45,4	0,990	0,000067	0,993	0,00165	0,9946	+5,6
1........	99,1	0,961	0,00058	0,974	0,00695	0,981	+4,15
2........	119,6	0,944	0,00111	0,962	0,0107	0,9727	+3,25
5........	151,1	0,916	0,00262	0,942	0,019	0,961	+2
10........	179	0,885	0,00505	0,922	0,0295	0,9515	+1
15........	197,4	0,870	0,00745	0,911	0,0381	0,9491	+0,75
20........	211,4	0,847	0,00985	0,895	0,046	0,941	0
50........	262,7	0,781	0,0248	0,85	0,085	0,935	−0,7
100........	309,5	0,690	0,0544	0,78	0,144	0,924	−1,9
150........	340,5	0,610	0,0945	0,72	0,207	0,927	−1,6
200........	364	0,505	0,1685	0,635	0,305	0,940	−0,2
225........	374	0,323	0,323	0,471	0,471	0,942	0

Remarque. — Si la densité critique est prise égale à 0,329, comme l'indiquent certains formulaires, l'erreur maximum est réduite à 5 %.

Benzène.

Température (°C.).	Densités liquide.	Densités vapeur.	$d_l^{2/3}$.	$d_g^{2/3}$.	ε.	Erreur (%).
0	0,90076	0,00012	0,93	0,0024	0,9324	+3,14
20	0,8790	0,0004	0,918	0,0053	0,9233	+2,14
60	0,8357	0,0015	0,89	0,0131	0,9031	0
80	0,8145	0,00273	0,872	0,0195	0,8915	−1,38
100	0,7927	0,00470	0,858	0,028	0,886	−2
130	0,7568	0,00955	0,83	0,045	0,875	−3,2
160	0,7185	0,01734	0,80	0,067	0,867	−4,1
190	0,6758	0,02977	0,77	0,096	0,866	−4,2
220	0,6255	0,05015	0,731	0,136	0,867	−4,1
250	0,5609	0,08554	0,68	0,194	0,874	−3,32
280	0,4514	0,1660	0,589	0,302	0,891	−1,44
288,5	0,3045		0,452		0,904	0

Pour les autres corps : tétrachlorure de carbone, xénon, gaz carbonique, oxygène, hexane *n*, alcool méthylique, octane normal, on trouve des erreurs absolument analogues. Rapportées aux températures réduites correspondantes, les erreurs se distribuent suivant des courbes analogues presque identiques.

MAGNÉTISME. — *Théorie de l'anisotropie de certains aciers à aimants traités à chaud dans un champ magnétique.* Note de M. **Louis Néel**, présentée par M. Aimé Cotton.

Soit un alliage formé d'une phase magnétique, constituée de petits grains de volume invariable v, noyée dans une phase non magnétique. Si la température est suffisamment élevée pour que la diffusion des atomes constituants se produise, les grains de la phase magnétique doivent s'arrondir sous l'action de la tension interfaciale γ des deux phases. Mais, en appliquant un champ magnétique suffisant pour donner aux grains leur aimantation à saturation $\mathcal{J}$, les grains prennent la forme d'ellipsoïdes de révolution allongés dans le sens du champ. En effet, en désignant par k l'excentricité de l'ellipse méridienne, l'énergie d'un grain est la somme d'une énergie superficielle $S\gamma$ et d'une énergie de champ démagnétisant $1/2(N\mathcal{J}^2 v)$, où S et N sont donnés par les formules

$$S = \frac{2\pi}{k}\left(\frac{3v}{4\pi}\right)^{\frac{2}{3}}(1-k^2)^{-\frac{1}{6}}\left(\arcsin k + \sqrt{1-k^2}\right), \qquad N(k) = 4\pi\frac{1-k^2}{2k^3}\left(ln\frac{1+k}{1-k} - 2k\right).$$

Cette énergie est minimum pour une valeur de k non nulle. Quand $\mathcal{J}^2:\gamma$ est petit, l'excentricité k_m correspondant au minimum est donnée par

$$k_m^2 = \frac{3}{4}\left(\frac{4\pi}{3}\right)^{\frac{2}{3}}\frac{\mathcal{J}^2 v^{\frac{1}{3}}}{\gamma}.$$

En refroidissant dans le champ magnétique le système, jusqu'à la température ordinaire à laquelle la diffusion est négligeable, les grains se stabilisent

sous leur forme allongée qu'ils conservent ensuite, quelle que soit la valeur du champ magnétique appliqué. Le système total présente alors de l'anisotropie magnétique. Lorsqu'il est aimanté à saturation, suivant la direction commune des grands axes des ellipsoïdes, l'énergie de champ démagnétisant, par centimètre cube, est en effet égale à $(1/2)V(1-V)N(k_m)\mathcal{J}^2$, en désignant par V le volume relatif total occupé par la phase magnétique. Lorsqu'il est aimanté à saturation suivant une direction perpendiculaire, l'énergie de champ démagnétisant est égale à $(1/2)V(1-V)N'(k_m)\mathcal{J}^2$, en désignant par $N'(k_m)$ le coefficient de champ démagnétisant suivant le petit axe des ellipsoïdes, lié à $N(k_m)$ par la relation $N(k_m)+2N'(k_m)=4\pi$. Quand k est petit, la différence W_a de ces deux énergies, dite énergie d'anisotropie, est donnée par

$$W_a=\frac{3\pi}{10}\left(\frac{4\pi}{3}\right)^{\frac{2}{3}}V(1-V)\frac{\mathcal{J}^4 v^{\frac{1}{3}}}{\gamma}.$$

C'est probablement à un mécanisme de ce genre qu'il faut attribuer l'anisotropie magnétique que certains aciers à aimants, à base de fer, de nickel et d'aluminium [1], en particulier l'alnico V [2] ou ticonal, présentent après refroidissement, depuis 1300° C, dans un champ magnétique de quelques milliers de gauss. A la température ordinaire et en l'absence de cobalt, ces alliages sont formés [3] de deux phases appartenant au même réseau du cube centré, mais avec des paramètres différant légèrement, de l'ordre de 0,4 %. L'une des phases, presque exclusivement composée de fer, est très magnétique ; l'autre est relativement peu magnétique. La structure est très probablement la même en présence de cobalt.

Pour obtenir l'ordre de grandeur de γ, on peut supposer que les deux phases possèdent des réseaux cristallins à axes parallèles et se raccordent l'une à l'autre par un système de dislocations du type de G. I. Taylor [4], analogue à celui qu'on suppose raccorder les éléments des cristaux mosaïques [5] : le calcul montre que l'énergie de déformation correspondante est de l'ordre de 100 ergs/cm². On peut aussi, en utilisant des théories récentes du champ coercitif [6], calculer l'énergie de déformation qui correspond à la part du champ coercitif, soit environ 400 gauss, provenant des tensions internes : on trouve environ 10^8 ergs/cm³. En rapportant cette énergie à la surface des grains dont on connaît les dimensions approximatives, soit 10^{-5} cm, puisqu'elles sont de

(1) D. A. OLIVER et J. W. SHEDDEN, *Nature*, 142, 1938, p. 209.

(2) B. M. SMITH, *Gen. El. Rev.*, 45, 1942, p. 210.

(3) A. J. BRADLET et A. TAYLOR, *Proc. Roy. Soc.*, A, **166**, 1938, p. 353.

(4) *Proc. Roy. Soc.*, A, 145, 1934, p. 362.

(5) J. M. BURGERS, *Proc. Phys. Soc.*, 52, 1940, p. 23.

(6) L. NÉEL, *Comptes rendus*, **223**, 1946, pp. 141 et 198; *Annales de l'Université de Grenoble*, **22**, 1946, p. 299.

l'ordre de grandeur de l'épaisseur des parois des domaines élémentaires, l'alliage ayant été traité pour avoir le champ coercitif maximum, on obtient environ 300 ergs/cm². Cette valeur est évidemment un maximum, de sorte que $\gamma = 200$ ergs/cm² paraît une valeur approchée raisonnable.

En prenant : $V = 1/2$; $\mathcal{J} = 1\,700$, $v^{1/3} = 10^{-5}$ cm; on trouve alors : $W_a = 2,5 . 10^5$ ergs/cm³. Or, Lliboutry a mesuré l'anisotropie d'un échantillon d'alnico V et trouvé $2,2 . 10^5$ ergs/cm³. Naturellement, pour que le phénomène se produise, le point de Curie Θ doit être suffisamment élevé pour qu'aux températures un peu inférieures à Θ, la diffusion soit sensible : c'est pourquoi les fer-nickel-aluminium ordinaires, qui ont un point de Curie trop bas, s'orientent mal.

Le mécanisme proposé fournit donc l'ordre de grandeur convenable de l'énergie d'anisotropie, tandis que les explications antérieures, basées sur la magnétostriction, étaient insuffisantes puisque les énergies ainsi mises en jeu étaient de 10^3 ergs/cm³.

OPTIQUE ÉLECTROMAGNÉTIQUE. — *Sur l'énergie dissipée dans une lame absorbante.* Note (¹) de M. **Henri Arzeliès**, présentée par M. Jean Cabannes.

Dans un Mémoire récent (²) j'ai donné, sans démonstration et à titre d'indication, pour l'énergie électromagnétique dissipée dans une lame absorbante, une formule relative à l'onde principale 1. Or je viens de terminer un Mémoire théorique sur cette question et, comme les délais de publication sont actuellement assez longs, il me paraît utile de signaler dès maintenant la formule générale.

Avec les notations et les hypothèses du Mémoire précité, le rapport I_d de l'énergie absorbée à l'énergie incidente a pour expression

$$\boxed{I_d = \frac{(1-a^2)\,[1-e^{-2\Upsilon' d}]}{1+a^4 e^{-4\Upsilon' d}-2a^2 e^{-2\Upsilon' d}\cos 2\Delta}}.$$

Cette formule est valable pour les deux ondes principales, et pour une incidence quelconque.

Il est aisé de voir que, pour l'onde 1, cette formule est identique à celle déjà donnée (Mémoire cité, p. 166, Note 1). Pour l'onde 2, le facteur $1-a^2$ explicité donnerait

$$1-a^2 = \frac{4\mu\nu\cos i\,(\nu_0^2-\chi_0^2+2\chi^2)}{[(\nu_0^2-\chi_0^2)\cos i+\mu\nu]^2+\chi^2(\mu+2\gamma\cos i)^2}.$$

La détermination directe de I_d peut se faire de deux manières, soit par utili-

(¹) Séance du 16 juillet 1947.

(²) *Annales de Physique*, mars-avril 1947, p. 133-194.

sation du flux du vecteur radiant, l'énergie dissipée dans un volume étant alors la différence entre le flux entrant et le flux sortant; soit en calculant le travail fourni aux ions en vibration à l'aide des équations de la Mécanique. La dernière méthode présente l'avantage de montrer le mécanisme du phénomène, dans le cadre des hypothèses admises, et fournit en outre une vérification du premier calcul. Il est naturellement aussi possible de passer par l'intermédiaire des énergies réfléchie et transmise, en appliquant le principe de conservation de l'énergie; c'est une deuxième vérification.

Certaines recherches, actuellement en cours au Laboratoire de Physique de a Faculté des Sciences de Marseille (³), permettront d'examiner la valeur expérimentale de la formule proposée.

SPECTROSCOPIE. — *Spectre de phosphorescence du xénon.* Note (¹) de M. **Louis Herman**, présentée par M. Jean Cabannes.

Dans une Note précédente (²) j'ai signalé les anomalies observées dans le spectre de phosphorescence du néon. La même méthode a été appliquée à l'étude du spectre du xénon qui montre les particularités suivantes.

Spectre de raies du xénon. — Pendant la décharge, on trouve une émission intense du spectre d'arc et quelques raies faibles d'étincelle qui s'éteignent avec l'excitation. Le spectre d'arc subit, au cours de la phosphorescence, d'importantes modifications. La comparaison du spectre, obtenu pendant la décharge, et du spectre de phosphorescence, photographié 10^{-3} seconde après l'arrêt des oscillations, montre que la différence ne se réduit nullement à une simple exaltation des niveaux atomiques élevés. En effet, les raies vertes et rouges correspondant aux termes les plus élevés compris entre 1000 et 5000 cm^{-1} environ sont nettement exaltées, alors que plusieurs raies violettes, comme 4384-5 Å ($1s_4 - 4X$), ($1s_4 - 4Y$) et 4193 Å ($1s_5 - 4U$) dont les niveaux supérieurs sont à 6995, 6985 et 6927 cm^{-1}, diminuent en intensité par rapport aux raies ($s - p$) situées entre 4923 et 4500 Å. On voit ainsi qu'il y a, à la fois, une exaltation des raies à termes élevés correspondant à un accroissement de l'excitation apparente et une augmentation d'intensité des raies ($s - p$), correspondant aux niveaux les plus bas dans le domaine visible. Cette dernière exaltation s'accentue au cours de la phosphorescence : après un temps suffisamment long, l'excitation apparente du gaz baisse donc notablement et, dans le visible, on a seulement les raies bleues du spectre d'arc.

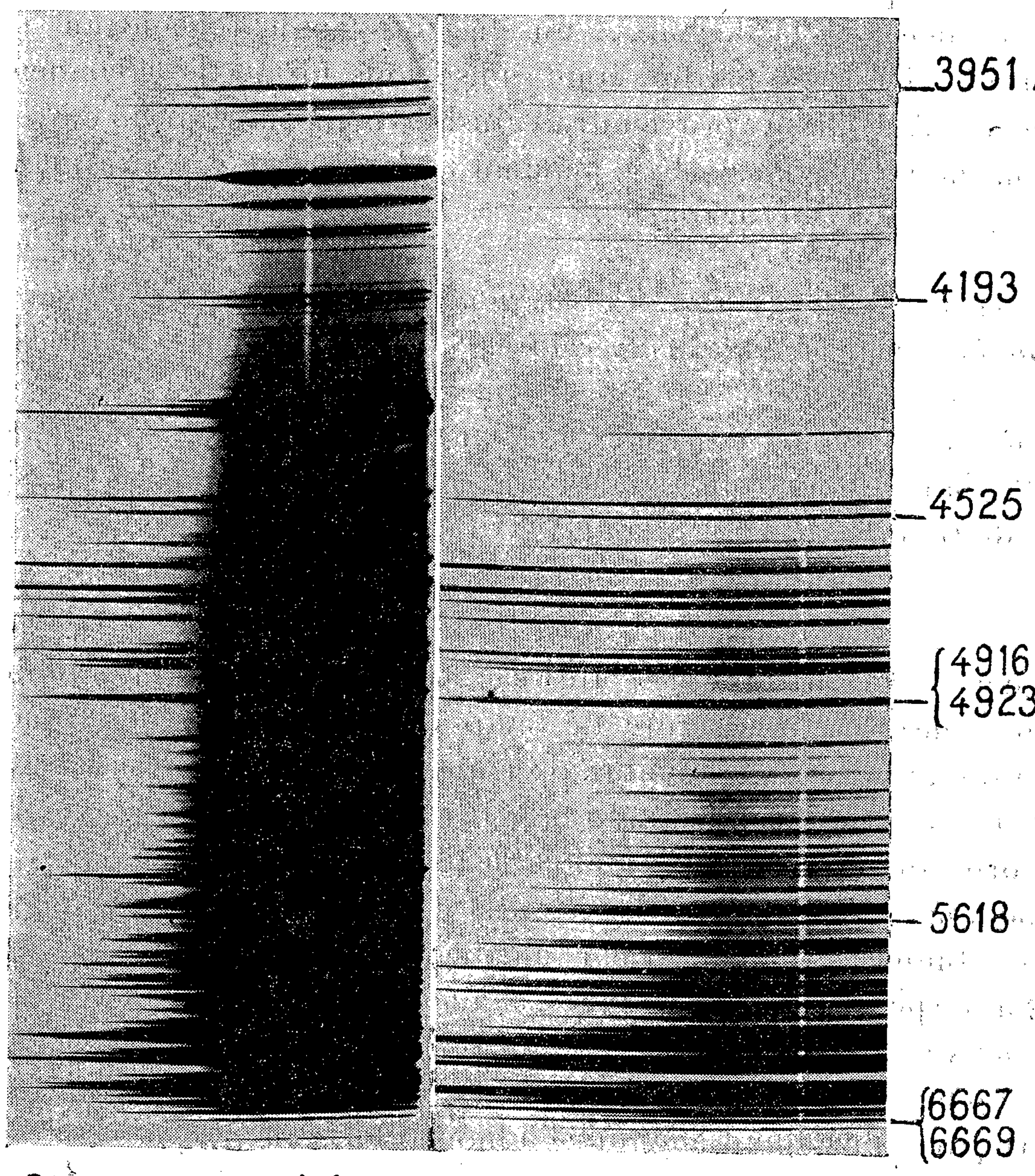
Spectre continu. — Les résultats obtenus précédemment se trouvent confirmés. L'émission continue, intense pendant la décharge, persiste en phosphorescence

(³) *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 334.

(¹) Séance du 13 novembre 1946.

(²) *Comptes rendus,* **223**, 1946, p. 622.

quoique avec une intensité beaucoup plus faible. La répartition d'intensité n'est pas la même dans les deux cas. Dans la décharge elle s'étend plus loin vers le violet : le rapport des intensités est de l'ordre de 4 vers 5000 Å et voisin de 10 vers 4000 Å. Le spectre continu observé dans la phosphorescence a été attribué



aux molécules instables formées par chocs entre atomes excités ([3]). Cette interprétation ne peut pas être admise pour la partie du spectre excitée pendant la décharge. La présence dans la décharge de raies d'étincelle (voir figure) et d'électrons rapides disparaissant avec l'excitation semble indiquer l'existence d'une émission due, soit à la formation de molécules instables constituées d'un atome ionisé excité et d'un atome neutre non excité, soit au freinage des électrons dans le champ des ions. Malgré plusieurs objections formulées par Vogel ([4])

([3]) R. Herman, *Journal de Physique*, 6, 1945, p. 33. S.
([4]) *Annalen der Physik*, 41, 1942, p. 196.

contre cette dernière hypothèse, elle semble plus probable que la première. Elle permettrait de comprendre l'absence de spectres continus à la limite des séries des raies d'arc ainsi que le fait remarquable, souvent observé par nous, à savoir que l'émission du spectre d'arc ne subit presque pas de variation au moment de la rupture des oscillations électriques. Ce phénomène proviendrait de ce que, pendant la décharge, un électron rapide rencontrant un ion se trouve freiné, l'énergie perdue étant émise sous forme de rayonnement non quantifié. Le spectre d'arc proviendrait ainsi de la recombinaison entre *électrons lents* et ions non excités aussi bien pendant la décharge qu'en phosphorescence.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Énergie d'activation du processus accompagnant l'oxydation du carbone à haute température.* Note (¹) de M. **René Audubert.**

Dans un travail antérieur (²), j'ai montré avec Charles Racz qu'au-dessus de 1500°C. la réaction de combustion du carbone se fait, à basse pression, avec émission de rayonnement ultraviolet suivant le processus :

$$3C + 2O_2 \rightarrow 2CO + CO_2.$$

L'examen de la cinétique de cette réaction montre que le nombre d'atomes d'oxygène consommé par unité de temps est, suivant les conditions, 10^5 à 10^7 fois plus grand que le nombre de chocs efficaces de ces molécules sur le filament de carbone incandescent, calculé à partir de l'énergie d'activation et de la théorie cinétique des gaz, applicable dans le domaine des basses pressions où la réaction est effectuée. Il en résulte que l'on est amené à considérer le processus comme s'effectuant par chaîne; des considérations énergétiques permettent de penser que le porteur de chaîne serait constitué par des molécules de CO_2 activé susceptible d'émettre de la lumière ultraviolette lors de leurs désactivations.

D'autre part, ainsi que Langmuir l'a montré, à cette température, l'oxygène et le carbone peuvent former un complexe superficiel, dont la décomposition constituerait alors le dernier acte de la combustion. Dans de telles hypothèses, on peut donc représenter l'ensemble de la réaction par :

$$(1) \qquad 3C + 2O_2 \rightarrow C_3O_4,$$

$$(2) \qquad C_3O_4 \rightarrow CO_2^* + 2CO,$$

$$(3) \qquad CO_2^* + C_3O_4 \rightarrow CO_2^* + CO_2 + 2CO,$$

. . . . ,

$$(4) \qquad CO_2^* \rightarrow CO_2 + h\nu.$$

(¹) Séance du 7 juillet 1947.

(²) R. Audubert et C. Racz, *Bull. Soc. Chim.*, **12**, 1945, p. 318.

D'après ce mécanisme la vitesse de consommation de l'oxygène est égale à la vitesse de décomposition du complexe, on a donc

$$-\frac{d(C_3O_4)}{dt}=\frac{d(O_2)}{dt}. \tag{5}$$

Désignons par K_1, K_2, K_3, K_4 les constantes de vitesse de chacun des processus envisagés, on a

$$-\frac{d(C_3O_4)}{dt}=K_2S+K_3S(CO_2^\star), \tag{6}$$

où S désigne la surface du complexe.

On a de même

$$\frac{d(CO_2^\star)}{dt}=K_2S-K_4(CO_2^\star).$$

Mais comme la vie moyenne de la molécule activée de $CO_2^\star$ est faible

$$\frac{d}{dt}(CO_2^\star)=0,$$

ce qui donne en définitive

$$(CO_2^\star)=\frac{K_2}{K_4}S, \tag{7}$$

$$-\frac{d}{dt}(C_3O_4)=-\frac{d}{dt}(O_2)=K_2S+\frac{K_3}{K_4}K_2S^2\approx\frac{K_2}{K_4}S^2. \tag{8}$$

Enfin en introduisant les énergies d'activation, on a

$$-\frac{d(O_2)}{dt}\approx\frac{s_3s_2}{s_4}S^2e^{-\frac{(W_3+W_2-W_4)}{RT}}. \tag{9}$$

Cette relation fournit la signification physique de l'énergie d'activation mesurée à partir des données de la cinétique globale.

L'expérience a montré que l'énergie d'activation du processus global était égale à 90 kcal. On a donc

$$W_3+W_2-W_4=90\ \text{kcal}.$$

D'une manière analogue, l'intensité, I, de l'émission de photons due à la désactivation des molécules de CO_2 activé, d'après les relations (4) est donnée par

$$I=\frac{d(CO_2^\star)}{dt}=K_4(CO_2^\star)$$

qui, en tenant compte de la relation (7), devient

$$I=K_2S=s_2Se^{-\frac{W_2}{RT}}.$$

Par suite, lorsqu'à partir des données de la photogénèse on détermine l'énergie d'activation, on obtient une valeur égale à 84 ± 4 k/cal, celle-ci représente donc l'énergie d'activation de la réaction de dissociation du complexe superficiel.

En définitive, les données obtenues expérimentalement conduisent aux valeurs suivantes :

$$W_2 = 84 \text{k/cal}, \quad (W_3 - W_4) = (90 - W_2) = 6 \text{ k/cal}.$$

Ces résultats montrent que les énergies d'activation respectives de l'entretien de la chaîne et de la désactivation sont peu différentes l'une de l'autre et que, par surcroît, la première doit être supérieure à la seconde.

ÉLECTROCHIMIE. — *Formation d'eau oxygénée sur électrode à gouttes de mercure*. Note ([1]) de M. **Henri Pellequer.**

La méthode d'analyse polarographique permet de mettre en évidence et de doser la formation d'eau oxygénée sur une électrode à gouttes de mercure ([2]). Nous nous sommes ici occupé des conditions les plus favorables à cette production. Dans le cas du processus cathodique le potentiel de demi-palier de la première vague ([3]), définit l'énergie libre de la réaction de réduction de l'oxygène dissous. Cette électroréduction s'effectuerait selon les deux processus ([4]) :

a. en milieu acide

$$2H^+ + 2\Theta + O_2 \rightarrow H_2O_2 \qquad \text{(Pot. de demi-palier 0,05);}$$

b. en milieu neutre ou alcalin

$$2H^2O + 2\Theta + O_2 \rightarrow H_2O_2 + 2OH^- \qquad \text{(Pot. de demi-palier 0,17).}$$

L'étude expérimentale a conduit aux résultats suivants ([5]).

Pour les débits modérés du mercure (1 à 3 g/sec), les courbes de rendement en fonction du potentiel appliqué présentent un maximum pouvant atteindre 90 à 100 %.

Lorsque le capillaire débite sous forme d'un jet aussitôt dispersé en un faisceau de gouttes, le rendement peut atteindre des valeurs supérieures

---

([1]) Séance du 14 avril 1947.

([2]) H. Pellequer, *Comptes rendus*, **222**, 1946, p. 1220.

([3]) Heyrovsky, *Trans. Farad. Soc.*, **19**, 1924, p. 785.

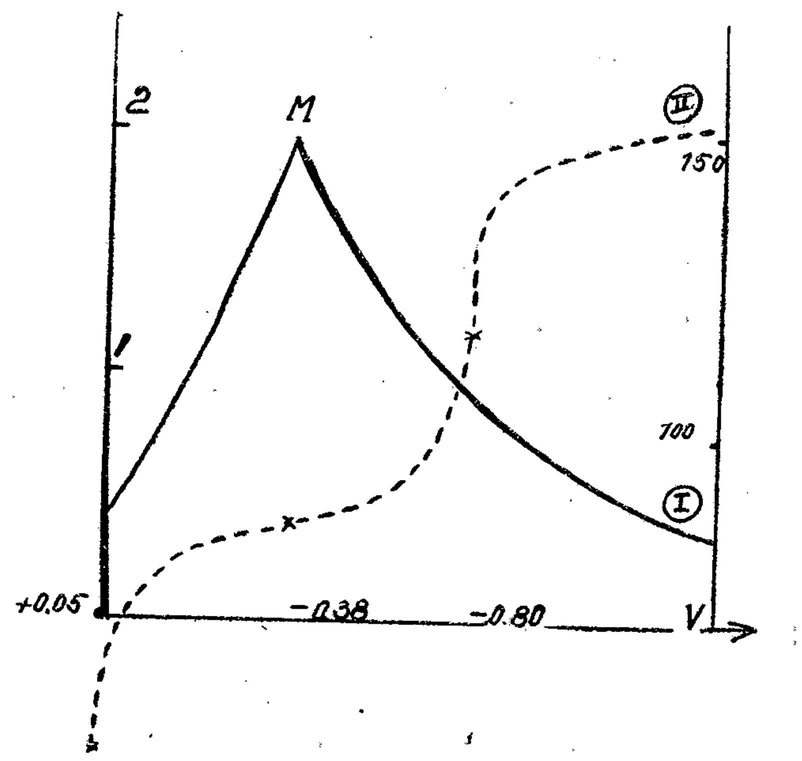
([4]) Kolthoff et Linguane, *Polarography*, N. Y., 1946.

([5]) Conditions opératoires : électrolyses de 50 à 150^{cm^3} de SO_4H_2 ou KCl N/10 durant 2 à 4 heures. La nappe de mercure servait de seconde électrode. Pour chaque essai, à un potentiel donné, la solution était renouvelée.

à 100 %. Ce résultat met en évidence l'existence d'un mécanisme de formation indépendant de tout passage de courant (circuit ouvert).

Les rendements obtenus avec SO_4H_2 N/10 sont supérieurs à ceux donnés par KCl N/10.

La courbe I (voir figure) donnant pour un débit de mercure de 75^{cm^3} à



I. Quantité totale de H_2O_2 en 10^{-5} eq. gR. pour $100^{cm^3}/4^h$.
II. Intensité en 10^{-6} A.

l'heure les quantités d'eau oxygénée formées dans SO_4H_2 durant deux heures, présentent un maximum vers 0,38 V. Ce potentiel correspond au point d'inflexion horizontale du premier palier polarographique de la solution (courbe II). Il marque le début de la deuxième réaction de réduction sur la cathode à gouttes de mercure selon le processus

a. en milieu acide

$$2H^+ + 2\Theta + H_2O_2 \rightarrow 2H_2O;$$

b. en milieu neutre ou alcalin

$$H_2O_2 + 2\Theta \rightarrow 2OH^-.$$

A partir du maximum M (courbe I) deux phénomènes se superposent : formation d'eau oxygénée, d'une part, et destruction, d'autre part, cette dernière devenant de plus en plus importante à mesure que le potentiel croît; à la limite il s'établit un équilibre entre les deux processus.

Des essais réalisés en séparant les compartiments anodique et cathodique ont conduit aux conclusions suivantes :

1° H_2O_2 se forme uniquement sur l'électrode à gouttes et ceci quelle que soit sa polarité, la production cathodique est bien supérieure à la production anodique. La nappe de mercure sur laquelle la densité de courant est trop faible ne joue aucun rôle.

2° L'apparition de H_2O_2 est liée à une attaque du mercure de la goutte décelée par la formation de sels mercureux.

3° Dans le compartiment anodique on observe également une attaque du mercure lors de la décharge de l'anion.

Le fait que H_2O_2 et le sel mercureux se trouvent en quantités stœchiométriquement équivalentes dans le compartiment cathodique peut être expliqué par la théorie de l'activation directe de l'oxygène moléculaire $O_2 = O:O \rightleftharpoons 2O$ et la réduction par décharge ionique.

a. en milieu acide,

$$2H^+ + 2\ominus + \begin{matrix} O:O \\ O:O \end{matrix} + 4Hg \rightarrow H_2O_2 + 2Hg_2O.$$

$$Hg_2O + SO_4H_2 \rightarrow H_2O + SO_4Hg_2 \quad \text{(soluble)}.$$

b. En milieu alcalin ou neutre,

$$2H_2O + 2\ominus + \begin{matrix} O:O \\ O:O \end{matrix} + 4Hg \rightarrow H_2O_2 + 2OH^- + 2Hg_2O\downarrow\downarrow.$$

Les résultats obtenus au cours de ces travaux sont à rapprocher de ceux exposés par J. R. Churchill (6) dans son étude sur le mécanisme de la corrosion des métaux.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Étude potentiométrique des sels basiques solubles.* Note (1) de MM. **Jacques Faucherre** et **Robert Schaal**, présentée par M. Paul Pascal.

Récemment M. Geloso et P. Deschamps (2) ont établi une formule basée sur des mesures de pH en fonction de la dilution, permettant de déterminer la constitution des sels basiques insolubles. La question s'est alors posée d'obtenir, par un procédé analogue, des précisions sur les sels basiques solubles.

A la suite des travaux de J. Byé (3) qui avait établi une formule simple et générale, donnant par des mesures de pH en fonction de la dilution, le degré de condensation de certains ions complexes solubles, Carpeni-Souchay (4) appliquèrent les résultats théoriques de ce dernier à la détermination du degré de condensation de divers anions complexes.

(6) *Trans. Electro. Soc.*, **76**, PP. 1939.

(1) Séance du 7 juillet 1947.

(2) *Comptes rendus*, **224**, 1947, pp. 1163-1164.

(3) *Bull. Soc. Chim.*, **9**, 1942, pp. 360-366.

(4) *J. Chim. Phys.*, **42**, 1946, pp. 149-167.

Jusqu'ici aucune tentative n'avait été faite en vue d'utiliser cette formule dans le cas des cations. Notre travail se propose de combler cette lacune.

L'alcalinisation de certains sels métalliques, nitrates ou perchlorates, aux anions de grand rayon ionique et de faible valence, donne naissance à des sels basiques solubles plus ou moins condensés.

Soit l'ion métallique Me, correspondant à un sel normal et susceptible de donner naissance à l'ion basique $[Me_{n'}(OH)_P]$ condensé suivant l'équation

$$n'Me + P\overline{OH} \rightleftharpoons [Me_{n'}(OH)_P],$$

aux molécules d'eau près.

L'ion neutre Me n'étant pas condensé, l'application de la formule de Bye au cas présent donne

$$\frac{\Delta pH}{\Delta \log V} = \frac{n' - 1}{P},$$

V étant la dilution; n' le degré de condensation de l'ion basique; P le nombre d'ions $\overline{OH}$ réagissant sur n' ions Me pour donner l'ion basique condensé.

Cette quantité est nulle si l'ion basique n'est pas condensé. Or, dans tous les cas étudiés, nous avons constaté que le pH variait notablement avec la dilution et linéairement avec log V. Nous avons donc deux ions en équilibre, l'un de ceux-ci étant l'ion neutre.

Au point de vue opératoire, nous avons effectué les mesures de pH à l'électrode de verre. Nous avons utilisé un siphon-relai à ClO_4Na dans la chaîne : électrode de verre, solution, électrode au calomel à KCl saturé, dans le cas des perchlorates basiques, afin d'éviter la diffusion d'ions étrangers au moment de la mesure. Nous opérons dans tous les cas à force ionique constante, par addition d'un électrolyte indifférent, NO_3K ou ClO_4Na de concentration dix fois plus forte que celle de l'ion métallique.

Le nitrate basique de glucinium est un cas typique parmi les sels basiques solubles étudiés. Dans ce cas $P = n'$, puisqu'il faut un ion $\overline{OH}$ par atome de glucinium; les droites exprimant le pH en fonction de log V correspondent toutes à une pente de 0,75 unités pH pour une dilution de 10. Le degré de condensation est alors : $n' = 4$

Le glucinium donne donc des ions basiques quatre fois condensés suivant le schéma

$$4Gl^{++} + 4\overline{OH} \rightleftharpoons [Gl_4O_2]^{IV+} + 2H_2O$$

aux molécules d'eau près.

Nous avons constaté que, après addition d'alcali, l'évolution des solutions est extrêmement rapide pour les différentes dilutions. L'équilibre est donc pratiquement immédiat.

Suivant le même processus, les courbes $pH = f(\log V - \log V_0)$ nous ont

permis de déterminer les différents degrés de condensation des sels basiques suivants :

Nitrate basique d'uranyle................	$P = n'$	$n' = 2$
» de thorium..............	$2n'$	4
Perchlorate basique de thorium..........	$2n'$	4
» de plomb...........	n'	4
Nitrate basique de chrome...............	n'	2

ce qui donne lieu aux schémas de condensation :

$$2UO_2^{++} + 2\bar{O}H \rightleftharpoons [(UO_2)_2O]^{++} + H_2O,$$

$$4Th^{IV+} + 8\bar{O}H \rightleftharpoons [Th_4O_4]^{VIII+} + 4H_2O,$$

$$4Pb^{++} + 4\bar{O}H \rightleftharpoons [Pb_4O_2]^{IV+} + 2H_2O,$$

$$2Cr^{+++} + 2\bar{O}H \rightleftharpoons [Cr_2O]^{IV+} + H_2O,$$

compte non tenu des molécules d'eau.

Dans tous les cas, cette condensation ionique est rapide. Seul, le nitrate basique de chrome fait exception. Pour les solutions les plus diluées correspondant à des concentrations en ions $[Cr_2O]^{IV+}$ de 1.10^{-2} à l'origine, l'équilibre n'est atteint qu'après 10 jours de vieillissement. Cette vitesse de vieillissement croît, avec la concentration de l'ion basique en solution, la concentration de l'électrolyte de base indifférent et la température.

Seul, cet ion basique $[Cr_2O]^{IV+}$ paraît bien défini : au-dessus d'un équivalent d'alcali, la condensation des ions basiques formés devient telle que l'on obtient probablement des aggrégats moléculaires de nature colloïdale.

CHIMIE GÉNÉRALE. — *Nouvelles combinaisons de l'eau oxygénée avec les amides.* Note (1) de M. **Jean Barlot** et Mlle **Simone Marsaule**, présentée par M. Paul Pascal.

On sait que l'eau oxygénée peut se combiner avec l'urée pour donner un composé stable, connu sous le nom d'hypérol ou de percarbamide et renfermant une molécule d'urée pour une molécule d'eau oxygénée. Cette réaction ne constitue pas une exception, mais n'est qu'un cas particulier de la tendance que possède l'eau oxygénée de s'unir avec des corps à fonction amide, ou plus exactement avec ceux dont la formule de structure renferme à la fois un ou plusieurs groupements NH_2 et un atome d'oxygène porteur d'une double liaison ; c'est du moins ce qui ressort de l'étude que nous avons entreprise à ce sujet, et au cours de laquelle nous avons isolé plusieurs combinaisons définies nouvelles.

(1) Séance du 7 juillet 1947.

Il n'est peut-être pas inutile de rapprocher ce résultat du fait que les stabilisants les plus actifs de l'eau oxygénée, tels que les acides phosphoriques, les stannates alcalins, l'acide citrique, l'orthoxyquinoléine, possèdent eux aussi un ou plusieurs atomes d'oxygène doublement liés.

Système eau oxygénée-urée. — En plus de l'hypérol ci-dessus mentionné, nous avons préparé le corps résultant de l'union d'une molécule d'urée avec deux molécules d'eau oxygénée, pour lequel nous proposons le nom de *bihypérol*, $[CO(NH_2)_2, 2H_2O_2]$.

Ce nouveau composé se présente sous forme de cristaux lamellaires blancs, brillants, appartenant au système hexagonal; il est moins stable que l'hypérol et perd peu à peu, à l'air libre, de l'eau oxygénée, mais semble se conserver inaltéré dans un flacon hermétiquement fermé. La tension de l'oxygène augmente lentement avec le temps, et atteint environ $12^{cm},5$ d'eau à la température de $+16^\circ C$, au bout de quatre jours.

Chauffé, le bihypérol se décompose rapidement aux environs de $90^\circ C$, et abandonne un résidu d'urée; une très brusque élévation de température ne le fait pas détoner; des essais avec des détonateurs au fulminate de mercure sont restés négatifs.

La densité est de $1,70$ à $+15^\circ C$.

Le bihypérol est très soluble dans l'eau et dans les alcools, il est insoluble dans l'éther au contact duquel il se décompose lentement.

Le bihypérol peut être facilement préparé par mélange en proportions convenables d'urée et d'eau oxygénée, en présence d'acide citrique ajouté à la dose de 1 à 2 pour 1000, suivi d'une déshydratation par chauffage sous une pression de quelques millimètres de mercure. Au début de l'opération, le mélange se liquéfie, pour redevenir solide au fur et à mesure que l'eau s'évapore.

Système eau oxygénée-oxamide. — L'étude de ce système, encore incomplète, a permis de préparer le composé à quatre molécules d'eau oxygénée $(CO\text{-}NH_2)_2$, $4H_2O_2$, sous la forme d'une poudre blanche, stable à l'air sec, à la pression ordinaire.

Système eau oxygénée-formamide. — Les phénomènes thermiques accompagnant le mélange de ces deux corps indiquent la formation d'au moins une combinaison, mais jusqu'à présent les essais d'obtention à l'état pur ont échoué.

Système eau oxygénée-acétamide. — L'acétamide se mélange avec l'eau oxygénée en toutes proportions, pour donner des liquides incristallisables jusqu'aux températures de 70° à $75^\circ C$. au-dessous de zéro. La courbe des variations de densité en fonction de la composition présente un point d'inflexion correspondant à la combinaison $2CH_3\text{-}CONH_2$, $3H_2O_2$, mais aucune des tentatives d'isolement n'a encore réussi.

Système eau oxygénée-cyanoguanidine. — La cyanoguanidine paraît absolument réfractaire à toute combinaison avec l'eau oxygénée; elle ne renferme pas d'oxygène.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur la constitution des bouillies bordelaises.* Note [1] de MM. **Paul Mondain-Monval** et **Jean Bloy**.

L'étude physico-chimique de la précipitation par la chaux des solutions de sulfate de cuivre est rendue délicate par la lenteur des réactions en milieu hétérogène. Néanmoins, en procédant à des mesures de différences de potentiel, nous avons obtenu des résultats qui permettent de déterminer la nature chimique des divers composés intervenant dans la préparation de ces bouillies.

A un lait de chaux de composition déterminée, maintenu à 15° et violemment agité, on ajoute peu à peu des quantités croissantes d'une solution titrée de sulfate de cuivre. Une électrode au calomel et une électrode de platine plongent dans l'électrolyte ainsi constitué et l'on mesure la différence de potentiel entre ces électrodes. On constate que les potentiels observés après chaque addition varient d'abord très sensiblement en fonction du temps, puis finissent par se stabiliser après un délai d'autant plus réduit que la finesse des grains de chaux est plus grande; phénomène dû à la faible vitesse des réactions en milieu hétérogène. Aussi la chaux utilisée pour la confection du lait a-t-elle été pulvérisée avec le plus grand soin. La solution de SO^4Cu était ajoutée par $0,^{cm^3}5$, chaque addition se faisant une heure après la précédente dans les régions délicates du diagramme (entre 14 et 21^{cm^3}), une demi-heure seulement pour les autres points; délai suffisant pour l'obtention de l'équilibre. La durée totale du tracé de la courbe a été de 32 heures.

Les titres exacts des solutions utilisées étaient les suivants :

Sulfate de cuivre..................	166,5 g/l,
Chaux (en CaO)......................	4,31 g/l.

Le titre en cuivre était déterminé par électrolyse et celui de la chaux par dosage du calcium en fin d'opération. On partait de 200^{cm^3} du mélange hétérogène eau + chaux.

Le tracé de la courbe potentiométrique (différence de potentiel, cm^3 de sulfate de cuivre) révèle trois points d'inflexion fort nets correspondant respectivement à la fin de précipitation des trois composés suivants :

$$Cu(OH)_2; \quad SO_3, 10\,Cu(OH)_2; \quad SO_3, 4\,Cu(OH)_2,$$

L'hydroxyde et le sel basique SO_3, $4Cu(OH)_2$ ont déjà été observés au cours de la précipitation par la soude des solutions de sulfate de cuivre [2] [3]. Le sulfate basique SO_3, $10Cu(OH)_2$ a été signalé dernièrement [4], mais dans

---

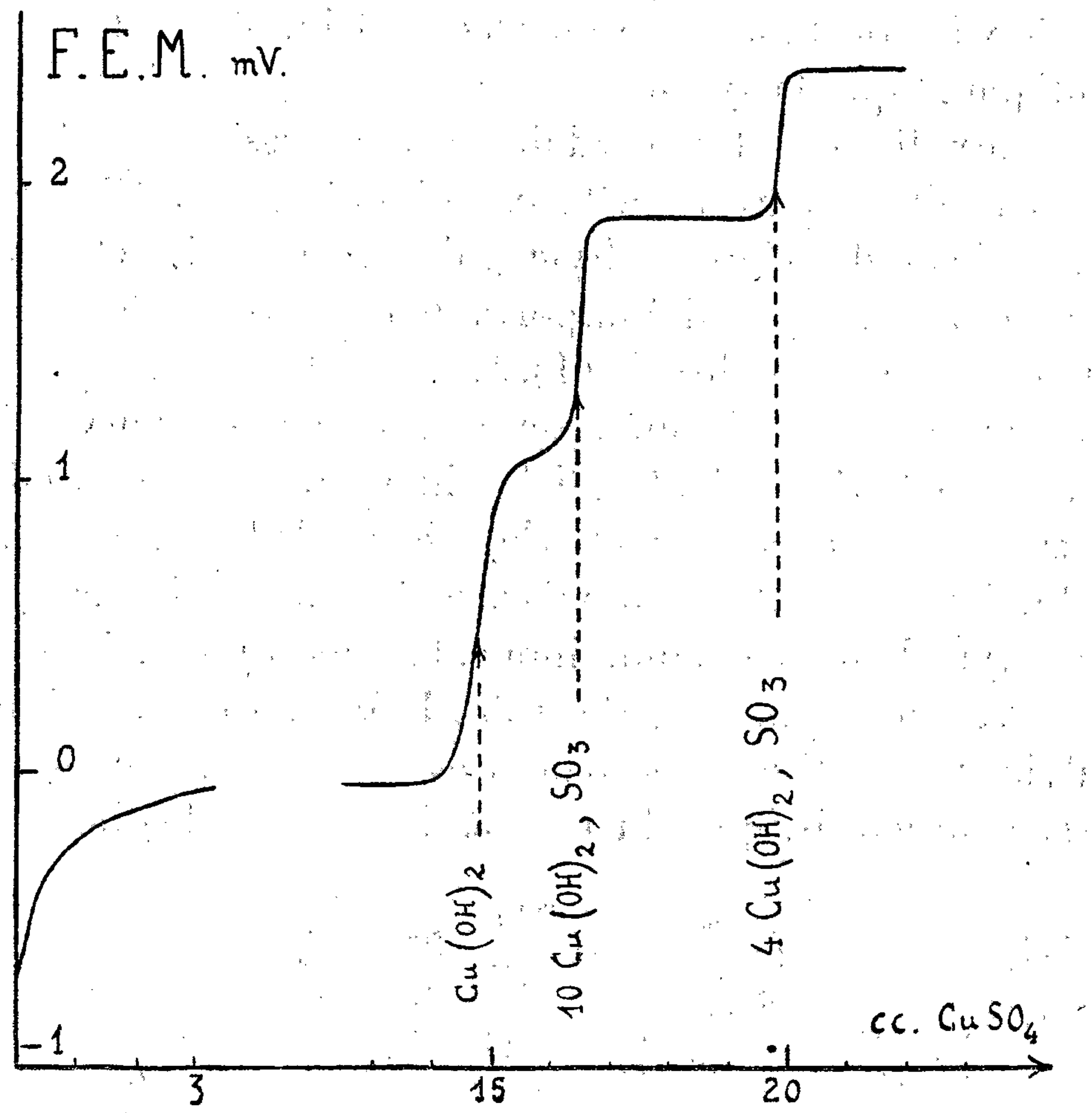
[1] Séance du 7 juillet 1947.

[2] Pickering, *J. Chem. Soc.*, **91**, 1907, p. 1981.

[3] Chrétien et Heubel, *Comptes rendus*, **219**, 1944, p. 363.

[4] Carrière, Guiter et Portal, *Bull. Soc. Chim.*, **13**, 1946, p. 396.

des conditions où son apparition était très éphémère, ce sel s'y décomposant rapidement en sulfate tétrabasique et hydroxyde. L'existence de ce composé ne fait cependant aucun doute d'après nos essais poursuivis en versant le sulfate



de cuivre dans le lait de chaux en excès et non l'alcali dans le sulfate, circonstance qui modifie naturellement ses conditions de formation et de stabilité. On le retrouve, d'autre part, en modifiant la concentration des réactifs en présence.

La consistance de la bouillie obtenue varie sensiblement avec sa composition. Jusqu'à la formation totale du $Cu(OH)_2$, le précipité est assez volumineux, mais n'entraîne aucune prise en masse et se dépose rapidement lorsque l'on cesse l'agitation. C'est précisément dans ce domaine de concentration que l'on se trouve ordinairement placé lorsque l'on prépare les bouillies bordelaises. Dès le début de la formation de SO_3, $10\,Cu(OH)_2$, l'ensemble s'épaissit très sensiblement; sa consistance augmente d'ailleurs jusqu'à la fin de la précipitation du $SO_3\,4\,Cu(OH)_2$, le précipité demandant alors une douzaine d'heures pour se déposer.

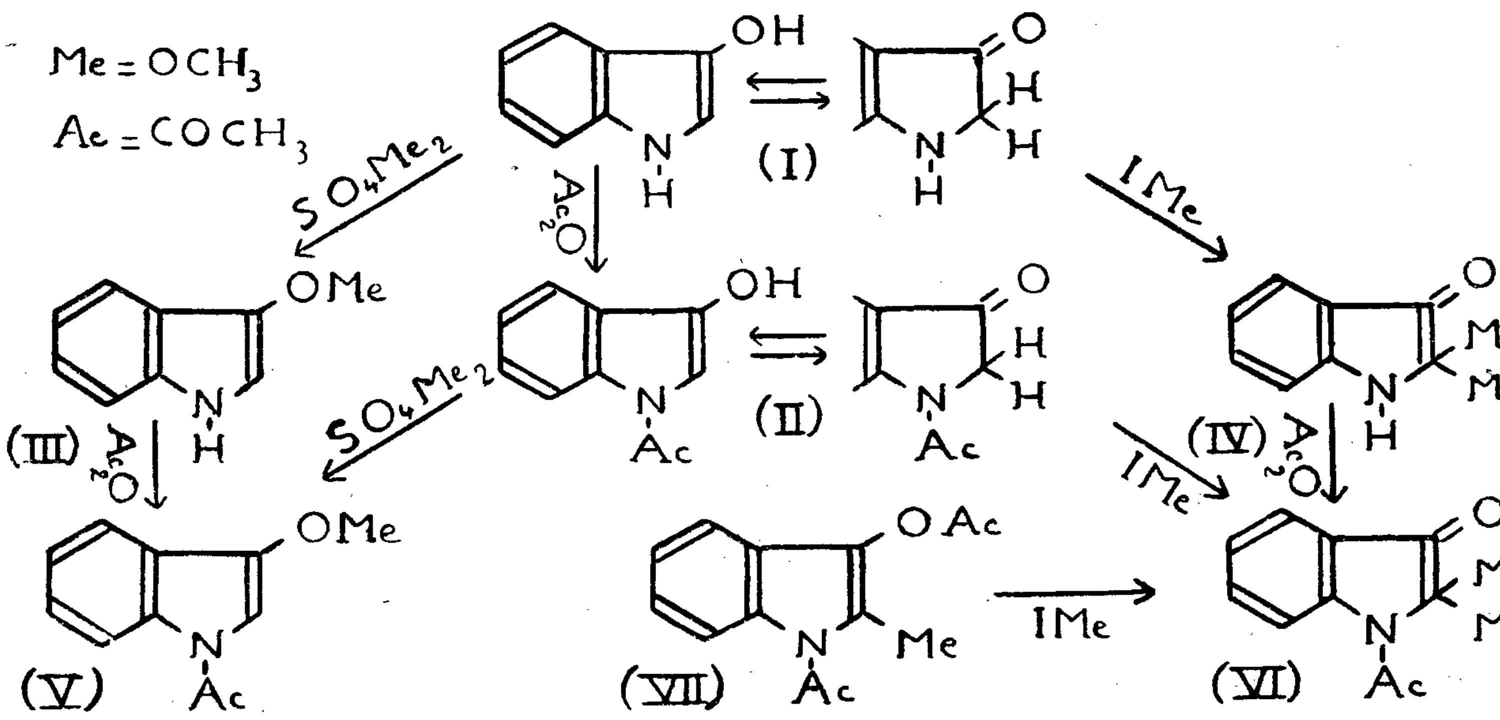
Des recherches toutes semblables ont été poursuivies en remplaçant la chaux par la strontiane. Dans ce cas, les équilibres de potentiel sont atteints beaucoup plus rapidement. Les résultats obtenus sont en tous points identiques et révèlent exactement les mêmes points d'inflexion et les mêmes complexes : à savoir, à côté de l'hydroxyde, les deux sulfates basiques SO_3, $4Cu(OH)_2$ et SO_3, $10Cu(OH)_2$.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la méthylation de l'indoxyle.* Note (¹) de M. **André Étienne**, présentée par M. Marcel Delépine.

Les éthers-oxydes de l'indoxyle ou alcoxy-3 indoles ont été peu étudiés, probablement parce que la synthèse de ces corps, par voie indirecte, à partir des esters indoxyliques, les rendait peu accessibles. C'est ainsi que v. Auwers (²) avait préparé le méthoxy-3 indole (III), $É_{18\text{-}19}$ 170°, F 69-70°, par méthylation de l'indoxylate d'éthyle, puis saponification et décarboxylation.

Ayant eu besoin d'une quantité importante de méthoxy-3 indole, j'ai étudié la méthylation directe de l'indoxyle (I). L'indoxyle traité, dans des conditions appropriées, par le sulfate de méthyle en présence de soude, donne bien le méthoxy-3 indole (III), $É_{3\text{-}4}$ 138-140°, F 69°, identique au produit de v. Auwers : il y a donc formation du dérivé *o*-méthylé, éther de la forme hydroxyindole. Par contre, avec l'iodure de méthyle en présence de soude pulvérisée, on aboutit au dérivé C-diméthylé de la forme indolinone, la diméthyl-2.2 indolinone-3 (IV), ($C_{10}H_{11}ON$), cristaux jaunes, $É_5$ 130-133°, F 88°, à solutions fluorescentes.

Afin d'établir avec certitude les structures des produits obtenus, j'ai préparé quelques dérivés caractéristiques du méthoxyindole et de la diméthylindolinone.



Le méthoxyindole traité par l'anhydride acétique *seul* donne l'acétyl-1 méthoxy-3 indole ($C_{11}H_{11}O_2N$) (V), corps incolore, F 104°, que l'on a obtenu inversement par méthylation, au moyen du sulfate de méthyle, du N-acétyl-indoxyle (II).

Un phénomène d'association moléculaire entre le méthoxyindole et son produit de transformation, l'acétylméthoxyindole, a été constaté au cours de l'acétylation au moyen de l'anhydride acétique, quand on opère *en présence de*

(¹) Séance du 30 juin 1947.

(²) *Liebig's Ann.*, **393**, 1912, p. 380.

pyridine. En effet, on obtient, au lieu du dérivé acétylé seul, une combinaison très stable de 1^{mol} de méthoxyindole + 1^{mol} d'acétylméthoxyindole ($C_9H_9ON + C_{11}H_{11}O_2N$), cristaux incolores, F 96°. La pyridine dans cette réaction ne semble pas avoir d'action spécifique; elle agirait comme diluant pour modérer l'effet acétylant de l'anhydride acétique, le produit d'addition final n'étant plus transformé dans un milieu très peu riche en anhydride. Il est heureux que de tels cas d'association soient rares en chimie organique, sinon la séparation des espèces chimiques en serait singulièrement compliquée.

Cette association se forme également par cristallisation d'une solution des deux corps ainsi que par fusion du mélange de leurs cristaux. Si l'on broie intimement des quantités équimoléculaires de méthoxyindole, F 69°, et de son dérivé acétylé, F 104°, on obtient un mélange qui se liquéfie instantanément sur bloc à 91° et se resolidifie pour fondre ensuite à 96°, fusion du produit associé. Ces points de fusion, intermédiaires entre ceux des deux constituants, indiquent qu'il y a exception à la règle des mélanges. Par contre cette règle reste valable pour les mélanges à poids égaux de cristaux du dérivé associé respectivement avec le méthoxyindole (F mélange 65°) et avec l'acétylméthoxyindole (F mélange 89°).

Le méthoxy-3 indole donne un dérivé nitrosé jaune, F 73°, mais il est douteux que ce produit soit un dérivé N-nitrosé, car on y décèle la présence d'un hydrogène mobile.

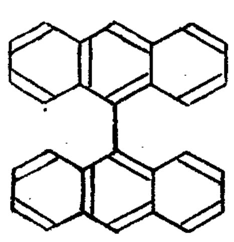
Pour la diméthyl-2.2 indolinone-3 (IV), on a mis en évidence la fonction cétone par la formation facile d'une dinitro-2.4 phénylhydrazone ($C_{16}H_{15}O_4N_5$) cristaux bruns, F 238-240°, et par la formation très lente d'une semicarbazone ($C_{11}H_{14}ON_4$), aiguilles jaune pâle, F 248°. L'acide azoteux donne un dérivé N-nitrosé ($C_{10}H_{10}O_2N_2$), feuillets jaune pâle, F 91°, ne possédant plus d'hydrogène mobile à la différence du dérivé nitrosé ci-dessus. Par acétylation au moyen de l'anhydride acétique seul ou en présence de pyridine, on obtient le dérivé N-acétylé : l'acétyl-1 diméthyl-2.2 indolinone-3 ($C_{12}H_{13}O_2N$) (VI), cristaux jaunes à solution fluorescente, F 119°. Ce corps est identique au produit obtenu par méthylation, au moyen de l'iodure de méthyle de l'acétyl-1 indoxyle (II). Il a encore été obtenu par l'action de l'iodure de méthyle en présence de soude sur l'acétyl-1 méthyl-2 acétoxy-3 indole (VII), préparé selon la méthode de J. van Alphen (³); la réaction procède d'abord d'une désacétylation à l'oxygène suivie d'une méthylation sur le carbone voisin.

Les phénomènes de C-diméthylation par l'iodure de méthyle et de *o*-méthylation par le sulfate de méthyle observés pour l'indoyxle et son dérivé N-acétylé constituent une preuve de la différence du mécanisme de l'action du sulfate et de l'iodure de méthyle et de la dualité de réaction entre les formes hydroxylées et cétoniques de l'indoxyle et de ses dérivés.

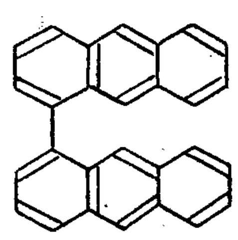
(³) *Rec. Trav. Chim.*, **61**, 1942, p. 889.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Union labile de l'oxygène au carbone. Photooxydation du mésodiphénylhélianthrène (diphényl-*10.10′ *mésobenzodianthrène) : un photooxyde coloré.* Note [1] de MM. **Charles Dufraisse** et **Georges Sauvage**, transmise par M. Marcel Delépine.

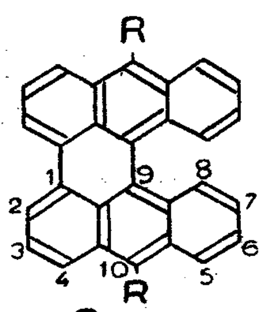
Il a été trouvé antérieurement [2] qu'une liaison méso entre deux noyaux anthracéniques (I) empêchait leur photooxydation. Plus récemment [3], nous avons montré que l'union par les sommets 1 et 1′ (II) favorisait au contraire l'addition de l'oxygène à la lumière, d'où résultait un bisphotooxyde. Nous avons alors réuni les deux sortes de liaisons, l'une défavorable, l'autre favorable, dans une structure qui est celle de l'hélianthrène (III*a*).



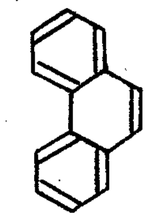
I



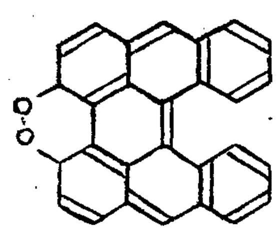
II



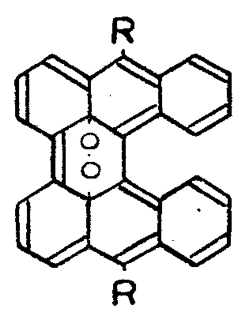
III R=H R=C_6H_5



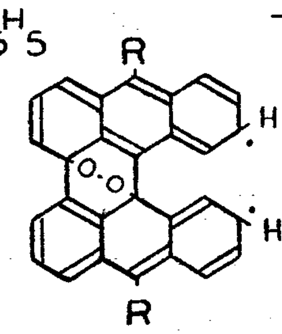
V



IV



VI



VII

On se serait attendu à voir les deux influences se contrarier, ce qui aurait dû avoir pour résultat une photooxydabilité au moins atténuée, vu surtout la rigidité conférée au système par la double soudure. Or, à notre surprise, c'est l'inverse qui a eu lieu : le mésodiphénylhélianthrène (III*b*) est le plus photosensible des corps que nous ayons eu à manier jusqu'ici. Les solutions en CS_2 au 1/10000, de teinte violette, se décolorent en une fraction de seconde par grand soleil. Autre singularité, de la liqueur on retire un photooxyde jaune : c'est le premier photooxyde coloré.

La composition et la constitution de ce corps ont un grand intérêt théorique. Tout d'abord, on aurait pu penser qu'il contenait deux molécules d'oxygène, une sur chaque anthracène. En fait, il n'en contient qu'une seule, qu'il libère à 180°, sans fondre, dans la proportion de 90 %. La question de la constitution se pose alors. Il n'est pas à supposer que l'oxygène se trouve à sa place ordinaire dans les photooxydes, c'est-à-dire en 9-10 sur l'un des squelettes anthracéniques; en pareil cas, une deuxième molécule d'oxygène n'aurait

(1) Séance du 7 juillet 1947.

(2) Ch. Dufraisse et L. Velluz, *Soc. Chim.*, 5, 1938, p. 600.

(3) Ch. Dufraisse et G. Sauvage, *Comptes rendus*, **221**, 1945, p. 665.

aucune raison de ne pas occuper l'autre place symétrique et de ne pas donner ainsi le bisphotooxyde.

Nous écartons aussi l'addition *extérieure* au squelette, en 2-2′ par exemple (IV), parce que ces deux sommets n'ont pas une réactivité suffisante; en fait, de nombreux hydrocarbures présentant la même disposition, le phénanthrène (V) entre autres, ne sont pas photooxydables. De même, la formule (VI), qui aurait paru acceptable, est rendue improbable par la construction sur modèle, qui a révélé des tensions excessives.

La formule de l'hélianthrène (III) met en évidence un troisième assemblage de type anthracénique, oblique par rapport aux deux autres. Il passe par les sommets 1.2.3.4.9.9′.10′.1′ et les sommets intermédiaires non numérotés. Une molécule d'oxygène peut s'y fixer à la manière habituelle (VII), sans possibilité pour une deuxième molécule de faire de même. Toutefois, cette constitution soulève deux objections. La première est le découplement obligatoire qui en résulte pour une paire d'électrons n'ayant pas le moyen de se recoupler. Le photooxyde serait ainsi un diradical vrai; or, le corps ne manifeste pas la réactivité qui devrait en résulter, par exemple, l'autoxydabilité thermique. La deuxième objection vient de ce que cette constitution fait du photooxyde un photooxyde de pérylène, exactement un dibenzophotooxypérylène. Or, le pérylène, nous l'avons vérifié à cette occasion, ne fixe pas l'oxygène à la lumière.

A la première objection, on peut répondre que l'état diradicalique vrai, tout à fait exceptionnel, n'est pas assez connu pour que l'on puisse invoquer ses propriétés supposées. En particulier, on ignore si la proximité des deux tronçons où résonnent chacun des électrons découplés [4], ne permet pas à ceux-ci de s'influencer mutuellement par compensation partielle de leurs spins, donc avec atténuation de leurs réactivités.

Quant à la différence de photooxydabilité entre le pérylène et son dibenzo dérivé, l'hélianthrène, elle n'est pas pour surprendre plus qu'entre le naphtalène, non photooxydable, et son benzodérivé photooxydable, l'anthracène. Au reste, le pérylène n'est rien d'autre qu'un binaphtylène-α : rien d'étonnant qu'il soit moins photosensible qu'un dianthranylène, l'hélianthrène.

Par contre, à l'appui de la structure proposée, il est à souligner que l'état diradical qu'elle comporte s'accorde bien avec la coloration du photooxyde, tous les autres photooxydes connus, et sûrement non radicaliques, étant incolores. En conséquence, nous proposons la constitution (VII) pour le photooxyde de mésodiphénylhélianthrène.

([4]) La figure VII n'est que l'une des formules limites, situant les électrons en 7 et 7′, mais ceux-ci peuvent occuper aussi bien, sur chacun des deux tronçons anthracéniques, les sommets 2, 4, 5, 10, et les deux sommets intermédiaires, non numérotés, entre 1,9 et 8. De là, un effet de résonance accentué qui doit être tenu pour responsable de la stabilité du diradical, d'où résultent son manque de réactivité et la stabilité du photooxyde.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la constitution de l'éthylate d'aluminium.* Note (¹) de MM. **Émile Masdupuy** et **Fernand Gallais**, présentée par M. Paul Lebeau.

On donne indistinctement à toutes les combinaisons métalliques des alcools, le nom d'alcoolates sous lequel on a désigné initialement les produits de la réaction des alcools avec les métaux alcalins. Il ne semble pas cependant que toutes ces combinaisons soient comparables, et si le caractère salin des alcoolates alcalins est bien établi, la constitution des autres alcoolates n'a le plus souvent pas été élucidée. Il en est ainsi en particulier des *alcoolates d'aluminium* et spécialement de l'éthylate, bien que ce corps, en raison de son emploi comme catalyseur d'oxydo-réduction en chimie organique, soit devenu un produit industriel dont la fabrication fait l'objet de plusieurs brevets.

Comme le fait remarquer Sidgwick (²), l'éthylate d'aluminium, par ses propriétés physiques (volatilité), paraît se classer plutôt comme un composé homopolaire que comme un sel, et s'apparenter plus au borate d'éthyle qu'à l'éthylate de sodium.

En vue de préciser sa constitution, nous en avons mesuré la conductibilité électrique.

L'éthylate d'aluminium ayant servi à nos expériences a été préparé par la méthode de Gladstone et Tribe (³), attaque de l'aluminium par l'alcool en présence d'iode. Purifié par deux distillations successives sous pression réduite, il fond à 137-138° [Tischtschenko (⁴) : 134-135°, H. Adkins (⁵) : 140°]. Trois échantillons de ce produit contenaient respectivement 16,73-16,94-16,82 % d'aluminium dosé à l'état d'oxyde, teneur un peu supérieure à la valeur théorique 16,65 %, du fait d'une légère altération superficielle à peu près impossible à éviter. Nous avons vérifié qu'ils étaient totalement exempts d'iode.

L'éthylate d'aluminium étant décomposé par l'eau, et à peu près insoluble dans les autres solvants ionisants, les mesures de conductivité ont été effectuées sur le corps fondu dans l'intervalle de température 83-135°, l'éthylate restant facilement surfondu. La cellule utilisée était en verre pyrex, avec électrodes de platine; elle était portée à la température souhaitée dans un four électrique muni d'un régulateur de chauffe.

La moyenne des valeurs obtenues pour la conductivité de l'éthylate d'aluminium fondu est $\gamma = 1{,}9 \cdot 10^{-7}$ moh/cm. Il n'a pas été observé de variation appréciable de γ en fonction de la température.

(¹) Séance du 7 juillet 1947.

(²) *The electronic theory of valency*, Londres, 1932.

(³) *J. Chem. Soc. London*, **29**, 1876, p. 158; **39**, 1881, p. 1; **41**, 1882, p. 5.

(⁴) *Chem. Zentr.*, **1**, 1900, p. 10.

(⁵) *J. Amer. Chem. Soc.*, **44**, 1922, p. 2175.

Cette valeur de γ est extrêmement faible. Elle est de l'ordre de grandeur de celle de l'alcool éthylique ($1,4.10^{-7}$) et très éloignée de la conductivité des sels fondus ($\gamma = 1,173$ moh/cm pour NO_3Na fondu à 350°). Elle correspond à une conductivité moléculaire équivalente de l'ordre de 10^{-5}, alors que la conductivité moléculaire équivalente de l'éthylate de sodium en solution très étendue dans l'alcool éthylique a été trouvée par Tijmstra (6) égale à 31,30.

La très faible conductivité de l'éthylate d'aluminium différencie donc nettement ce corps des alcoolates alcalins. L'éthylate d'aluminium est bien un composé homopolaire qui peut être considéré, au moins formellement, plutôt comme un orthoaluminate d'éthyle

$$Al \begin{cases} OC_2H_5 \\ OC_2H_5 \\ OC_2H_5 \end{cases}$$

que comme un alcoolate $(C_2H_5O)_3Al$.

Ceci est d'ailleurs en accord, aussi bien avec les propriétés chimiques qu'avec les propriétés physiques de ce corps. Ainsi, *l'éthylate d'aluminium* ne donne pas avec l'iodure d'éthyle (Tischtschenko, *loc. cit.*) la réaction que donnent les alcoolates alcalins (formation d'un éther-oxyde).

GÉOLOGIE. — *Sur une zone tungstifère d'origine métamorphique dans le massif de Belelieta (Algérie).* Note (1) de M^lle **Simonne Caillère** et M. **François Kraut**.

Le massif de Belelieta s'élève à une dizaine de kilomètres au sud-ouest de Bône. Autour de ce massif, au contact des granodiorites avec les calcaires précambriens, on a découvert une zone minéralisée intéressante où la löllingite est associée à la scheelite.

Nous avons étudié à l'aide du microscope en lumière transmise et en lumière, réfléchie, la composition et la structure des minerais et des roches recueillis au NW du signal de Belelieta, et nous avons essayé de préciser l'origine de la minéralisation.

Le minerai. — Dans tous les minerais, on trouve réunies, la löllingite et la scheelite en cristaux de taille comparable dont les dimensions varient entre $0^{mm},01$ et 3^{mm}. La gangue est tantôt quartzeuse, tantôt feldspathique, mais elle est toujours caractérisée par l'extrême abondance d'un mica jaune faiblement polychroïque, dans lequel l'analyse spectrale révèle la présence de traces de lithium. Ce mica est absolument symptomatique de la scheelite qu'il accompagne toujours.

(6) *Zeits. für. phys. Chem.*, 49, 1904, p. 347.

(1) Séance du 7 juillet 1947.

Les roches. — Parmi les roches que nous avions à notre disposition, un certain nombre sont en relation directe avec la minéralisation; nous les avons groupées de la façon suivante :

Pyroxénite à grenat. — On la rencontre *in situ* et en enclaves dans les granodiorites. Elle est constituée par l'augite et le grenat almandin et renferme en outre un plagioclase basique à 70 % d'anorthite. Des filonnets de feldspath dans lesquels on observe de l'apatite, du sphène, de la zoïsite et de la löllingite recoupent cette pyroxénite.

Dans les enclaves, la roche, où l'on retrouve d'ailleurs les filonnets de feldspath minéralisés par la löllingite, se charge d'amphibole et de quartz empruntés à la granodiorite encaissante.

Roche à mica vert. — Nous désignerons sous ce terme une roche dont les minéraux essentiels sont un mica vert vif très polychroïque et l'apatite. Celle-ci, toujours très abondante, atteint parfois une teneur de 50 %. L'orthose et une oligoclase à 35 % d'anorthite accompagnent ces deux minéraux.

Comme la pyroxénite, cette roche apparaît aussi en enclaves dans une granodiorite et dans ce cas le mica vert se transforme partiellement en biotite normale.

Granodiorites. — Elles sont formées par un feldspath alcalin et une oligoclase à 30 % d'anorthite associés à du quartz. On y trouve aussi de la muscovite, de la biotite et parfois de la hornblende. Certaines de ces granodiorites renferment de la löllingite et de la scheelite.

Calcaires métamorphiques. — Les calcaires métamorphiques apparaissent comme un agrégat de calcite bien cristallisée englobant par endroits de la zoïsite en groupements étoilés. A cette formation sont liés des minerais de fer magnétiques.

Minéralisation. — Voyons maintenant quelles sont les relations chronologiques entre ces différentes roches et le rôle de chacune d'elles dans la minéralisation. Les pyroxénites et les roches vertes sont certainement les formations cristallines les plus anciennes. Elles ont subi l'intrusion d'un magma granodioritique responsable de la mise en place du minerai. Celle-ci débute par le dépôt de la löllingite. On trouve l'arséniure de fer sans la scheelite, par contre, le tungstate n'apparaît qu'accompagné par la löllingite et toujours à un stade plus avancé de la minéralisation. C'est en effet à la fin de la période magmatique, dans des conditions hydrothermales, que la diorite se charge de mica jaune et apporte la scheelite. La granodiorite présente souvent un faciès filonien. Sa pénétration a été facilitée par des mouvements tectoniques dont il subsiste de nombreuses traces dans le minerai. On y observe par endroits des structures bréchoïdes et ailleurs des débris de filons de quartz minéralisés par la löllingite recimentés par la venue dioritique.

Les conditions géologiques et les critères minéralogiques, en particulier l'abondance des minéraux calciques, permettent d'envisager le gisement de

Belelieta comme un gîte de contact à la rencontre des calcaires et des roches basiques anciennes avec un magma dioritique.

Signalons ici qu'il y a un rapprochement à faire entre cette zone minéralisée et la région tungstifère du sud du Brésil où l'on trouve la scheelite au contact de formations lithologiques analogues ([2]). Il est intéressant également de noter que la paragénèse scheelite-löllingite représente un type très rare de minéralisation.

GÉOLOGIE. — *Un fer météorique présumé, d'âge stampien, à Cormeilles (Seine-et-Oise).* Note ([1]) de MM. **Jean Tricart** et **André Cailleux**, présentée par M. Charles Jacob.

En avril 1944, des morceaux d'un fer présumé météorique s'observaient dans la carrière Lambert, à Cormeilles, sur le front en cours d'abattage, exclusivement à un niveau très précis, à savoir à la base des marnes à Huîtres stampiennes, juste au-dessus du calcaire de Sannois. Certains ont été récoltés en place. D'autres, mis à nu par le travail des carriers, étaient disséminés sur la dalle calcaire, notamment dans les fentes de retrait; il y en avait 5 à 10 par mètre carré, mais seulement sur une surface d'une dizaine de mètres. Fin 1946, malgré le mauvais état de cette partie de la carrière, un échantillon a encore pu être récolté.

Les divers morceaux se ressemblaient beaucoup. Quelques-uns ont été étudiés sous la direction de M. Orcel et avec l'aide de M^lle^ Caillère et de MM. Aubry, Doucet, Dumez, Kraut et Maloigne. M. Chevenard a bien voulu en contrôler l'étude métallographique. Les échantillons mesurent de 17 à 24^{mm} de long et pèsent respectivement 25,0; 23,0; 20,3; 16,4; 13,4; $11^{g},6$. Avec des arêtes fortement émoussées, leur forme générale demeure polyédrique, rappelant beaucoup celle de la météorite de Mocs (Transylvanie, 1882); elle résulterait de cassure suivie de fusion. La surface est recouverte d'un fin enduit limonitique brun; sauf sur l'échantillon de 1946, visiblement rongé par l'oxydation depuis son dégagement, elle est lisse. La ténacité est extrême, très supérieure à celle de l'acier; le choc violent d'un très gros marteau ne suffit pas à briser l'échantillon, qui n'est pas non plus malléable; aucune scie à métaux n'a réussi à y mordre; essai de Brinell, 496. Cassure inégale, finement grenue. Éclat métallique. Couleur gris d'acier. Masse spécifique, 7,45. L'échantillon raye fortement l'apatite (dureté, 5) et faiblement l'orthose (6); il est rayé fortement par le quartz (7) et faiblement par l'orthose; propriétés dues probablement à l'intrication de deux substances, de duretés approximatives 5,5 et 6,5. Très fortement magnétique. Sous l'attaque de l'acide chlorhydrique, dégagement d'hydrogène et d'hydrogène phosphoré. Analyse chimique effectuée par M. Patureau : Fer (par différence), 94. Nickel, 0,10. Cobalt, néant. Carbone, 3,50. Silicium, 0,38. Phosphore, 1,60. Soufre, traces. Chlore, néant. Manganèse, 0,26. Calcium, traces. Magnésium, traces. L'ensemble rappelle une fonte blanche, mais s'en distingue par la forte teneur en phosphore (1,60 %) jamais atteinte dans les produits métallurgiques normaux (de 0,02 à 0,3).

([2]) Johston et Moscyrde Vasconcelles, *Economic Geology*, **40**, n° 1, 1945.

([1]) Séance du 30 juin 1947.

La surface polie, puis attaquée à l'acide azotique, montre, au microscope métallographique ou au binoculaire, une structure dendritique typique, analogue à celle des fontes blanches actuelles : îlots sombres d'eutectoïde sur fond clair de cémentite Fe_3C. Les îlots faits de fines lamelles alternantes claires et sombres occupent 30 à 50 % de la surface; leur largeur peut atteindre 80^{μ}; ils sont alignés suivant deux directions à peu près orthogonales, dessinant d'admirables dendrites, à branches espacées de 50 à 150^{μ}. Une telle structure indique une solidification directe après fusion, sans aucune déformation mécanique ultérieure; même sans les conditions de gisement, elle suffirait à exclure des fragments d'outils ou des résidus de forge.

Tous ces caractères indiquent une cémentite ou fer carburé, minéral auquel on ne connaissait jusqu'ici qu'une origine artificielle (métallurgie ou incendies de houillères), bien plus rarement météorique (fer de Campbell County, Tennessee, à 1,50 % de carbone). L'absence de lignite dans le calcaire de Sannois et les marnes à Huîtres exclut l'hypothèse, jadis émise en des cas semblables, d'une réduction naturelle à partir d'oxydes de fer. De même, doit être exclue l'hypothèse d'un remaniement d'un fer antérieur dont aucun gisement n'est connu dans le bassin de Paris. L'hypothèse météorique est donc seule vraisemblable. La rigoureuse localisation à un même niveau et sur une aire étroite, permet de penser qu'il s'agit d'une averse de météorites, dont les eaux stampiennes n'ont pratiquement pas dispersé les éléments; ensevelies dans la couche de marne imperméable, elles ont été protégées d'une oxydation ultérieure.

On a déjà signalé d'autres exemples, à vrai dire rarissimes, de fers contenus dans des roches sédimentaires; mais leur origine météorique a été écartée, sous prétexte qu'ils ne contenaient pas de nickel, argument dont A. Lacroix ([2]) a souligné la faiblesse et qu'est venue infirmer définitivement la description d'une météorite à moins de 0,1 % de nickel tombée à Lausanne ([3]).

Le fer de Cormeilles attire à nouveau l'attention sur les globules microscopiques de magnétite que Stanislas Meunier et Tissandier ([4]) ont décrits jadis dans des roches sédimentaires et auxquels ils ont attribué une origine météorique, interprétation renforcée par les récentes acquisitions de la pétrographie sédimentaire. L'usure mécanique, en effet, n'engendre pas de formes si parfaitement sphériques et ne descend pas à de si petites tailles (jusqu'à 5^{μ}). De tels globules de magnétite ont été observés par M. Vatan (renseignement verbal) dans des matériaux de sondage de l'Éocène marin de Tréziers (Aude), toujours en un même horizon; d'où application possible dans les recherches de stratigraphie fine.

Quoi qu'il en soit, le fer de Cormeilles est jusqu'ici, après le fer de Cailles, le second fer météorique décrit en France métropolitaine. Mis à part les

---

([2]) *Minéralogie de la France*, 2, 1897, p. 395.

([3]) *Comptes rendus*, 86, 1878, p. 450.

([4]) P. L. Mercanton, *Bull. Soc. Vaud. Sc. Nat.*, 63, n° 267, 1946, pp. 315-320.

nodules à enveloppes limonitiques de Chotzen, il est le premier fer fossile dans lequel du nickel ait été décelé et dont l'origine météorique paraisse tout à fait probable.

PÉDOLOGIE. — *Les sols rubéfiés et les sols à croûte du Bas-Chélif et des Basses Plaines Oranaises.* (Régions d'Inkermann, de Relizane, de Périgaux et de Saint-Denis du Sig.) Note (1) de M. **Gilbert Gaucher**, transmise par M. René Maire.

Les formations pédologiques rencontrées sur chacun des niveaux quaternaires définis à la Note précédente se sont développées dans des conditions de pédogénèse différentes et présentent des caractéristiques particulières.

Les poudingues du niveau 1 n'ont pas produit de sol au sens pédologique ou agricole du terme.

Le niveau 2 comprend des sols rubéfiés et des sols à croûte calcaire. Les dépôts de ce niveau sont toujours plus ou moins rubéfiés. Leur étude montre que *cette rubéfaction fut contemporaine des processus de pédogénèse et d'érosion* qui s'exercèrent alors sur des roches en général calcaires (grès pliocènes, marnes helvétiennes, tortoniennes et sahéliennes, calcaires tortoniens), mais quelquefois aussi non calcaires. Aussi, bien que souvent superposées, rubéfaction et décalcification furent des processus pédologiques indépendants l'un de l'autre. La rubéfaction de ces formations quaternaires constitue l'empreinte du *climat de nature tropicale, chaud et humide, à saisons alternantes,* qui régna pendant tout le cycle Tyrrhénien *sensu lato* (Tyrrhénien + Monastirien de Dépéret). Les formations pédologiques rubéfiées qui précédèrent et donnèrent naissance aux dépôts sédimentaires alluviaux, éluviens, colluviaux, lacustres, etc., également rubéfiés, furent contemporaines des faunes mammalogiques et malacologiques dites « chaudes » (faune à Elephas atlanticus, forme nord africaine de l'Elephas antiquus, et faune des mers à Strombes). Le changement climatique amené par le Pluvial Würmien *marqua le terme de ces processus généralisés de rubéfaction.* Les couches rubéfiées rencontrées dans le niveau suivant, surtout à sa base, proviennent du remaniement des formations tyrrhéniennes.

Les encroûtements de calcaire tuffacé, « croûtes » des pédologues, apparaissent dans la partie terminale du niveau 2; ils sont surmontés de sols rubéfiés eux aussi dont l'épaisseur dépasse rarement 2^{m} et qui sont souvent décapés par l'érosion.

Ces croûtes comprennent une partie superficielle assez mince (5 à 10^{cm} au plus), à structure typiquement zonaire, et une partie sous-jacente à structure variable : feuilletée, concrétionnée, noduleuse, rognoneuse, pulvérulente, etc.

---

(1) Séance du 24 mars 1947.

Au voisinage des croûtes apparaissent souvent des concrétions de forme caractéristique, les unes assez dures gréso-calcaires grosses comme des noisettes, les autres tendres formées de calcaire pur et grosses comme des noix.

La croûte à texture zonaire est, par sa nature et son origine, différente du reste de l'encroûtement. Elle est *postérieure à l'édification de celui-ci* puisqu'elle en colmate les fissures. Elle peut se présenter isolément sur n'importe quelle autre roche calcaire et même sur les dépôts terrigènes du niveau 2. On trouve fréquemment dans le sol qui la recouvre des cailloux enrobés d'une gangue ayant exactement les mêmes caractères pétrographiques qu'elle (aspect, structure, épaisseur, etc.). Ces formations ont même nature et même origine, ce sont des *dépôts de décalcification* produits *per descensum.* La croûte zonaire, tapissant la roche mère d'un sol, exprime *l'arrêt du processus de décalcification* vraisemblablement par une évolution du climat vers l'aridité.

Quant aux calcaires tuffacés constituant le reste des encroûtements, l'étude de leurs conditions de gisement conduite d'une façon géologique montre qu'ils sont presque toujours en relation avec des affleurements de roches calcaires au contact desquels ils apparaissent comme des dépôts d'émergences ou de nappes phréatiques. Ils forment autour des massifs calcaires du Bas-Chélif et de l'Oranie orientale des sortes d'auréoles pourvues de prolongements digités représentant sans doute d'anciens thalwegs; une inversion du relief due à une phase d'érosion subséquente (pluvial Würmien) a mis ces derniers en surélévation.

Pendant le Quaternaire les variations des climats, influant sur l'hydrologie et la pédogénèse, favorisèrent au maximum le jeu alterné, et même concomitant, des dépôts calcaires et des phénomènes de décalcification. Pendant les périodes pluviales, les massifs calcaires constituèrent les meilleures roches réservoirs avec, à leurs pieds, d'importantes sources vauclusiennes. Ces phénomènes rendent compte de l'extension remarquable des formations calcaires d'origine hydrologique : travertins, calcaires lacustres, boues lacustres, concrétions de nappes phréatiques, etc. *Les « croûtes » massives du Bas-Chélif et des Basses-Plaines oranaises font partie de ces dépôts.*

Sur le littoral atlantique du Maroc, des restes d'industries lithiques acheuléennes ont permis de dater des encroûtements calcaires de même nature pétrographique ([2]). La place de ces formations du Bas-Chélif dans la série des dépôts tyrrhéniens inciterait à attribuer à la majeure partie d'entre elles un âge analogue. Leur présence prouve une *évolution momentanée vers l'humidité* du climat qui présidait à la formation des sols et des alluvions rubéfiés. Enfin leur extension et leur morphologie impliquent par ailleurs un climat à saisons alternantes, insuffisamment pluvieux pour créer une circulation continue des

---

([2]) R. Neuville et A. Ruhlmann, *La place du Paléolithique ancien dans le Quaternaire Marocain* (*Édition de l'Institut des Hautes Études Marocaines*, 1941, p. 110 et suiv.).

eaux, mais capable de donner aux nappes et aux sources une activité accrue. On est ainsi conduit à établir une relation entre l'édification des encroûtements calcaires et le pluvial Rissien, pluvial atténué qui n'a laissé dans cette région aucune trace de phase érosive.

HYDROLOGIE. — *Vieillissement des eaux minérales*. Note (¹) de M. **Wladislas Kopaczewski**, M^me **Jacqueline Ninard** et M. **Bernard Ninard**, présentée par M. Hyacinthe Vincent.

Le vieillissement des eaux minérales a été attribué à divers facteurs : 1° *à la température et à la lumière* : elles interviennent dans le cas de certaines sources minérales de Royat (²), mais ne jouent pas dans la plupart des autres; 2° *à l'oxygène* : mais l'eau minérale de Vidago, embouteillée, à l'abri de l'air et dans une atmosphère d'azote, se trouble au bout de 15 minutes (³); 3° *à l'échappement d'anhydride carbonique* : toutefois, nous avons constaté que l'eau minérale carbogazeuse d'Oulmès peut être surgazéifiée avec l'anhydride carbonique capté à la source même, ce qui n'empêche pas la floculation; d'ailleurs, d'Arsonval a souligné que, dans le cas où l'anhydride carbonique permet d'éviter cette floculation, les eaux minérales ainsi stabilisées « présentent cette particularité de ne plus floculer lorsqu'elles sont abandonnées à elles-mêmes au contact de l'air » (⁴); 4° *à la concentration en ions d'hydrogène* : or, nous avons démontré que l'eau de Vidago flocule alors que le pH ne subit aucune variation mesurable (³); 5° *aux oscillations de la concentration ionique globale* : elles coïncident avec l'apparition d'une opalescence dans les eaux minérales de Vidago ou de Spa (⁵). Nous avons retrouvé récemment ces oscillations avec l'eau minérale de Moulay Yacoub.

Voici sa conductibilité électrique au cours de la conservation : à l'émergence — $9{,}96 . 10^{-4}$, après 30′ — 12,3; 60′ — 12,0; 150′ — 9,8; 270′ — 9,6; 450′ — 8,0; après 24^h — 9,8.

Néanmoins, les troubles de la concentration ionique globale ne constituent pas nécessairement le facteur capital dans la floculation : ainsi l'eau minérale de Sidi-Harazem devient à peine opalescente au bout de 24^h, alors que sa conductibilité électrique tombe de 1,88 à $1{,}39 . 10^{-4}$; de plus, la conductibilité électrique de l'eau minérale d'Oulmès ne change pas au cours de sa conservation.

Nous croyons avoir expérimentalement démontré la présence des colloïdes dans les eaux minérales de Royat (1920) et de Spa (1924), en utilisant les

(¹) Séance du 7 juillet 1947.
(²) W. Kopaczewski, *C. R. Congrès intern. Hydrol.*, Monaco, 1920, p. 261.
(³) W. Kopaczewski, *Comptes rendus*, 184, 1927, p. 109.
(⁴) D'Arsonval et Bordas, *Comptes rendus*, 179, 1924, p. 912.
(⁵) W. Kopaczewski, *Comptes rendus*, 179, 1924, p. 909; *Presse thermale*, 66, 1925, p. 617.

méthodes expérimentales, telles que le transport électrique, l'analyse électrocapillaire, la mesure de la pression d'hydratation micellaire et celle de la conductibilité électrique des eaux minérales diluées ([6]).

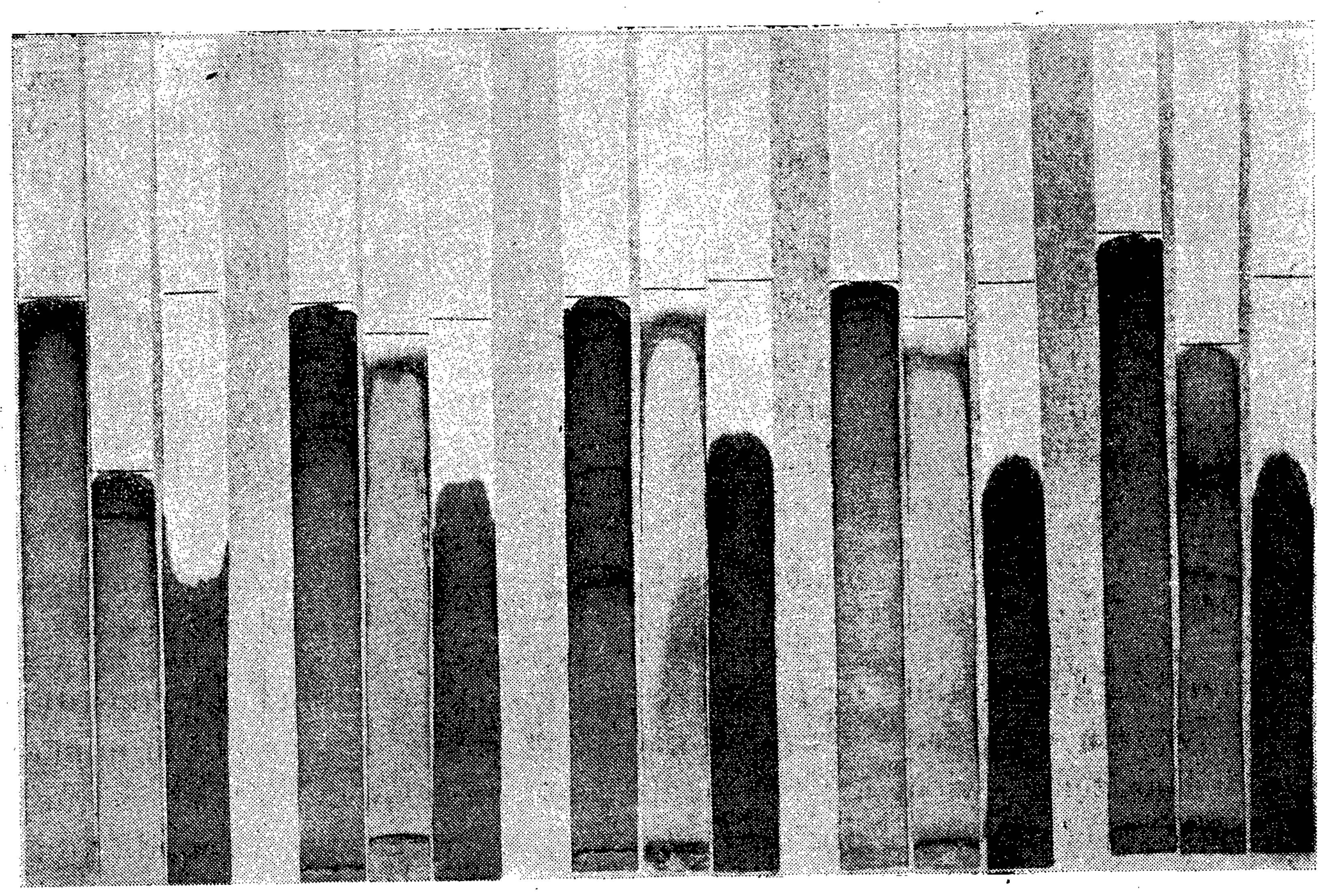
Nous avons récemment appliqué à l'eau minérale d'Oulmès (Maroc), l'analyse électrocapillaire. Elle nous a permis de mettre en évidence deux séries de faits :

1° La matière colloïdale électro-négative (nigrosine) fut mise au contact de l'eau minérale à l'émergence, puis, successivement, avec de l'eau conservée dans des récipients immédiatement bouchés, noircis à l'extérieur avec du vernis et placés dans un bain d'eau minérale courante (40°C.). Dans ces conditions, l'ascension, dans les bandelettes de papier-filtre, de la matière colorante mélangée avec de l'eau minérale, prise à l'émergence ou conservée au maximum

Analyse électrocapillaire de l'eau minérale d'Oulmès.

T = 14-18° C.; hygrométrie, 89%; durée d'expérience, 15 heures; concentration des colorants 1°/₃₀.
Matières colorantes : 1, nigrosine; 2, alizarine, sulfonate de sodium; 3, violet cristallisé.

1 2 3 1 2 3 1 2 3 1 2 3 1 2 3



H_2O. — Eau minérale à l'émergence. — Eau minérale conservée 30 min. — Eau minérale conservée 2 heures. — Eau minérale conservée 24 heures.

une heure, se fait de manière périodique; au delà de ce temps de conservation la matière colorante se concentre à la périphérie comme si elle fut mélangée à l'eau distillée. L'ascension de la matière colorante électro-positive (violet

([6]) W. Kopaczewski, *Physicochimie des Eaux minérales*, 1929, et *Traité de Biocolloïdologie*, 2, 1931, p. 57.

cristallisé) est plus accentuée lorsqu'elle est mélangée à de l'eau minérale vivante ou conservée au maximum une heure; elle subit une diminution lorsqu'on la conserve au delà de ce temps.

Ces faits démontrent la présence dans l'eau minérale en question des colloïdes électro-positifs ou des cations polyvalents.

2° L'étude de l'ascension du colorant amphotère (alizarine, sulfonate de sodium) révèle l'existence de troubles d'hydratation; en effet, la hauteur de l'ascension de l'eau dans les bandelettes de papier-filtre est d'environ 30 % inférieure à celle en présence des deux autres colorants. Mais la même matière dispersée dans l'eau minérale, vivante ou conservée au maximum deux heures, monte dans les interstices capillaires du papier-filtre à la même hauteur que dans les deux autres cas. Lorsque la conservation de l'eau dépasse vingt-quatre heures, la durée de cette ascension commence à diminuer et l'on constate l'apparition de zones périodiques colorées (*fig.* 1).

Ces faits prouvent l'existence de troubles d'hydratation au cours de la labilisation de l'eau minérale étudiée.

CONCLUSION. — *Le vieillissement de l'eau minérale d'Oulmès s'accompagne de modifications des charges électriques et du degré d'hydratation des micelles colloïdales.*

OCÉANOGRAPHIE. — *Sur les vases du Plateau continental français.* Note [1] de M. JACQUES BOURCART.

Les vases littorales sont constituées [2] : *a.* d'une *phase inerte* (ou squelette) composée : 1° de graviers ou de coquilles; 2° de sable (les uns et les autres de composition variable suivant les points de la côte); 3° de sablon (150 à 20$^{\mu}$), essentiellement quartzeux; 4° d'une poudre (20 à 2$^{\mu}$), essentiellement mélange de calcaire et de phyllites [3] en proportions variables suivant les points de la côte, et *b.* d'une *phase active*, humus et autres produits organiques, sulfure de fer.

Des éléments planktoniques : débris de coquilles, Foraminifères, Diatomées et même Silicoflagellés et Coccolites, se mêlent à la phase inerte.

Ces vases, dans la Manche et dans l'Océan, se déposent uniquement dans les estuaires et au fond de certaines baies comme la baie de Bourgneuf. Au large, se trouvent uniquement des cailloutis, des graviers ou des amas de coquilles, ainsi que des sables. Les uns et les autres, à l'exception des fonds de roches nues, forment seuls le sol de la Manche [4].

---

(1) Séance du 30 juin 1947.

(2) Un résumé des travaux de notre laboratoire se trouve dans J. BOURCART et CL. FRANCIS-BOEUF, *La Vase* (*Act. Scient. et Industr.*, 927, Paris, 1942).

(3) Il semble qu'il s'agisse surtout de biotite décolorée passant à la bravaisite d'André Rivière.

(4) Il existe pourtant un peu de vase au voisinage du banc de Start Point.

Mais, sur le plateau du golfe de Gascogne, on sait, depuis Delesse ([5]), qu'une large bande de vase s'étend parallèlement au littoral depuis la baie d'Audierne jusqu'à la Gironde, entre 90 et 120^{m}. La carte n° 24 de l'Atlas de France la rattache vers Lorient aux vases littorales, ce qui semble douteux. C'est la Grande Vasière dont l'origine a été très discutée : altération de roches-mères jurassiques argileuses pour Delesse, dépôt des troubles de la Gironde pour beaucoup d'auteurs. Ces vases sont bordées au large par la grande zone des *sables roux* jusqu'à l'abrupt du Plateau.

J'ai pu, cette année, recueillir, à bord de l'Escorteur *Grenadier*, plusieurs échantillons de ces vases.

En Méditerranée, sur le littoral du Languedoc, outre les vases des étangs, strictement fluviales, une bande de *vases côtières* s'étend, tout le long du littoral jusqu'à 90-100 mètres. Ces vases, recueillies en 1946 à bord du Dragueur 333, sont séparées par une bande de *sables du large*, déjà figurés par Delesse et étudiés par Pruvôt ([6]), qui s'étendent jusqu'à l'abrupt du Plateau (falaise Peyssonnel).

Mais à l'est de Marseille, ni cette bande, ni cette falaise n'existent plus et les vases côtières sont en continuité avec les boues bleues, sédiment qui alterne, en Méditerranée, irrégulièrement avec les *boues à globigérines*.

Deux coupes, effectuées à bord de la V. P. 8 au large de Nice ou de Villefranche, m'ont permis de vérifier la continuité de ces deux sédiments.

Du point de vue des propriétés d'ensemble, toutes ces vases sont analogues, presque identiques : rigides et thixotropiques, réductrices, de couleur allant du gris noir au vert (Plateau continental atlantique) et au bleu (vase du large). Leur composition chimique moyenne est donnée dans le tableau suivant :

	Silices et silicates.	Calcaire.	Matière organique.	Humus	Azote.	Fer.
Vase d'estuaire (rivière de Penzé)	87,4	2,74	9	0,15	0,28	2,6
Vase côtière (au large de Penmarc'h)	63,9	20,0	9,1	0,6	1,48	3,24
Vase côtière (Méditerranée)	54,53	39,73	4,36	0,20	0,31	2,18
Vase du large (id.)	71,8	18,87	7,12	0,25	0,14	3,36

Au microscope, la quantité et la dimension du sable diminuent vers le large ainsi que la proportion des matériaux légers ou planktoniques.

Je pense donc que l'on peut affirmer *qu'il n'y a pas de différence essentielle* entre les vases littorales et les vases côtières ([7]) ou entre celles-ci et les boues bleues méditéranéennes : la quantité de plankton varie seule, les éléments

([5]) *Lithologie des Mers de France*, Paris, 1871.

([6]) *Arch. de Zool. exp. et génér.*, (3), **11**, 1894, pp. 589-671.

([7]) La proportion du calcaire dans les vases d'estuaire (Delesse, *op. cit.*) varie de 37,2 % (Vannes) à 2,7 % (Saint-Nazaire).

terrigènes, notamment les phyllites, le quartz et les minéraux rares (rutile, zircon) sont toujours présents, il semble, dans le cas des vases côtières de l'Atlantique, que ces derniers proviennent de l'érosion de l'ensemble du littoral et des apports, non seulement de la Gironde, mais de toutes les rivières. L'hypothèse de Delesse est absolument exclue par le fait que ces vases reposent en bordure sur des sables du large.

J'ai montré que l'envasement des estuaires provenait de l'écume et des flocons qui sont drossés à la côte; l'une et l'autre de ces formations, la première flottant à la surface, la seconde entre deux eaux, ont la même phase solide, très exactement celle de la vase.

La croisière du *Grenadier* m'a permis de récolter au large de l'île d'Yeu de tels flocons, ainsi d'ailleurs que des touffes de *Fucus vesiculosus*. On peut donc penser que ces flocons ont la même origine que ceux qui sont poussés à la côte.

L'absence de vase entre le littoral et la grande vasière du Plateau est évidemment due à l'agitation des eaux dans cette zone, mais surtout à l'importance du sable en suspension. Ses éléments ont donc été adsorbés par la surface des grains de sable; on les retrouve par lavage. Mais le problème capital, dans l'Océan comme en Méditerranée, est celui posé par l'absence de vase du niveau des sables roux ou du large, qui sont une formation plus ancienne. Cette absence ne peut être expliquée que par une agitation importante dans cette zone. Elle ne pourrait être mise en évidence que par la mesure des courants superficiels et profonds.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Développement et destruction des cellules sécrétrices des glandes florales des Centaurea contenant des essences et des hétérosides (glucosides) amers.* Note (1) de M. **Jean Politis**, présentée par M. Louis Blaringhem.

Le *Centaurea calcitrapa* L. renferme un hétéroside amer, dénommé centaurine ou cnicine. Cet hétéroside s'élabore, d'après nos recherches, dans les glandes externes, qui se trouvent sur les deux faces de la feuille et sur la tige. La partie interne de la tige et des feuilles, la racine, et les parties qui n'ont pas de glandes, manquent de principes amers.

Nous avons aussi signalé la présence, dans certaines Composées, de glandes florales produisant des principes amers et nous avons étudié leur développement. Il est facile d'observer tous les stades de ce développement dans les fleurs des *Centaurea calcitrapa* L., *C. spinosa* L., *C. dealbata* Willd., *C. maculosa* Lam., *C. involucrata* Desf., *C. solstitialis* L., *C. Spruneriana* Schultz., et certaines autres Cynarées, qui offrent à ce point de vue un objet d'étude admirable parce que les glandes florales qu'elles portent deviennent

(1) Séance du 28 mai 1947.

grandes. Pour l'étude des glandes florales pleinement développées, nous avons détaché des fleurons du disque d'un capitule mûr et nous les avons examinés au microscope. Ces glandes externes sont constituées de deux rangées de cellules : celles de la base se rétrécissent à leur extrémité par laquelle elles se rattachent à l'épiderme; les quatre cellules du sommet sont plus larges que les autres et ont leur cuticule soulevée. De ce soulèvement de la cuticule il se forme une vésicule qui se remplit d'une sécrétion incolore et réfringente.

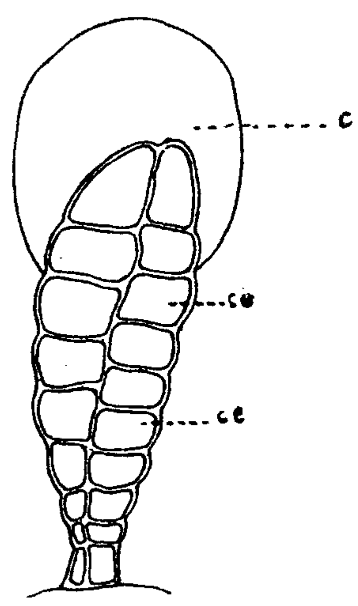


Fig. 1.

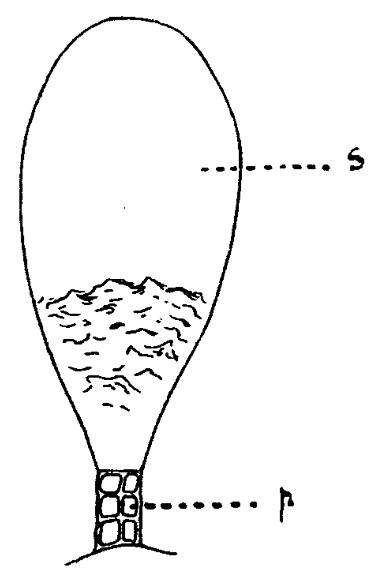


Fig. 2.

Fig. 1. — Glande florale de *Centaurea calcitrapa*.
c, cavité sous-cuticulaire où se trouve une essence et l'hétéroside amer; *ce*, cellules sécrétrices.

Fig. 2. — Après la destruction des cellules sécrétrices, il reste un sac ovoïde plein d'une sécrétion incolore et très amère.
p, pédicelle, lequel est attaché à l'épiderme de la fleur.

Par la rupture de la cuticule, cette sécrétion, qui est très amère, s'écoule à l'extérieur. Certaines espèces du genre Centaurea sont dépourvues de glandes externes (*Centaurea mixta* D. C., *C. cadmea* Boiss, etc.). Ces plantes n'ont point de goût amer. Pour l'étude du développement des glandes florales il faut recourir aux fleurs de très jeunes capitules. Si l'on détache avec une pince un des fleurons, encore fermés, du disque d'un tel capitule et qu'on l'examine au microscope, on peut suivre tous les stades du développement des glandes. Ce développement s'effectue de la manière suivante : une cellule épidermique proémine, s'allonge et s'élargit à son extrémité supérieure. Cette cellule se divise par une cloison perpendiculaire à la surface extérieure de la fleur en deux cellules, qui continuent à se diviser par des cloisons parallèles à la surface et forment une glande pluri-cellulaire dont les cellules deviennent de plus en plus grandes. Ces glandes ont la forme d'une massue et sont constituées par dix, douze étages de cellules disposées en deux rangées. La production de la sécrétion commence avec le soulèvement de la cuticule des deux cellules apicales. Puis la cuticule se détache de la partie cellulosique des parois du second étage et ensuite des parois latérales de toutes les cellules sécrétrices, qui constituent la tête. Le protoplasme de ces cellules se détruit à la fin et il reste

un sac plein d'une sécrétion incolore réfringente et très amère. De l'examen microchimique on peut conclure que les glandes, outre la substance amère, contiennent de l'essence.

Nous résumons nos observations. Après le complet développement des glandes, on constate : 1° Une grande activité des vacuoles des cellules sécrétrices et la formation d'un hétéroside amer, qui passe à travers la paroi cellulosique des cellules glandulaires. 2° Élaboration d'une essence, qui se trouve localisée au-dessus de la cuticule des cellules sécrétrices. 3° Destruction des cellules sécrétrices, laquelle survient après la formation de l'essence. Nous expliquons ces faits remarquables comme suit : un hétéroside amer, formé dans les vacuoles des cellules sécrétrices, transude à travers la lame cellulosique de la membrane, s'accumule dans la cavité sous-cuticulaire et y subit, probablement sous l'action d'un ferment, un dédoublement pour donner naissance à une essence. Certains composés résultant de ce dédoublement seraient toxiques pour les cellules sécrétrices, et à une telle action toxique on peut attribuer la destruction non seulement de ces cellules, mais encore la désorganisation des cellules sécrétrices des poches ou des canaux, contenant des essences et dont le mode de formation est achyzolysigène.

Envisageons maintenant la question de l'hérédité. Le parfum est un des caractères héréditaires. Pour expliquer la transmission de ce caractère nous supposons qu'un gène qui sort du noyau se multiplie pour former des éléments spécialisés qui produisent un hétéroside déterminé. Cet hétéroside subit un dédoublement pour donner naissance à une essence.

ZOOLOGIE. — *Division et morphogenèse chez les* Philasteridæ *et les* Lembidæ. Note (1) de M^lle^ **Hélène Mugard**, transmise par M. Maurice Caullery.

La famille des *Philasteridæ* Kahl, groupe quelques Infusoires Holotriches hyménostomes, appartenant aux genres *Philaster* Fabre-Domergue; *Porpostoma* Möbius; *Helicostoma* Cohn; *Philasterides* Kahl, tous histiophages et faciles à entretenir en culture pure.

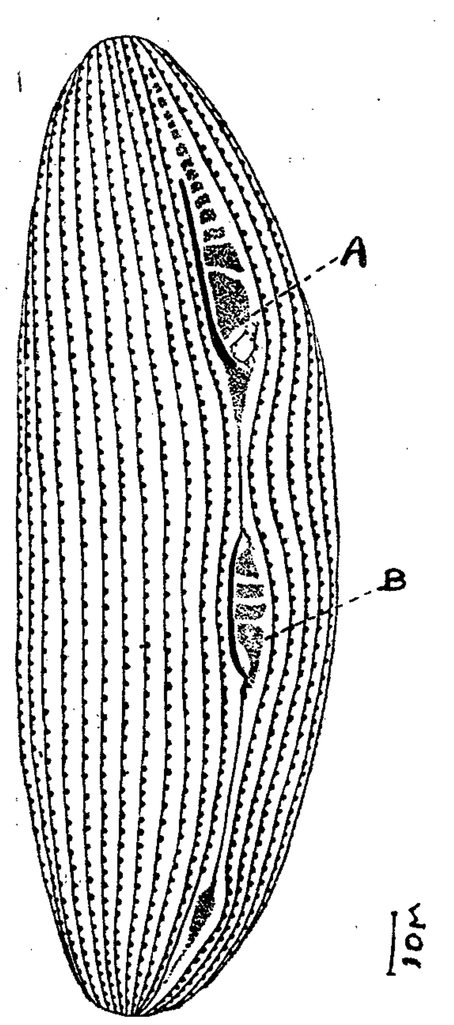
L'appareil buccal, encadré par deux cinéties somatiques bipolaires, est schématiquement constitué par un court pharynx, plus ou moins hélicoïde, ouvert sur la face ventrale vers la moitié du corps et par une gouttière péristomienne ciliée, peu profonde, étroite, s'allongeant jusqu'à l'extrémité apicale, bordée, à droite et en bas, par une membrane ciliaire latérale. L'étude de la morphogenèse au cours de la bipartition est nécessaire pour définir les homologies structurales et établir des comparaisons avec les formes voisines.

Porpostoma notatum Möbius a un cycle analogue à celui des Ophryoglènes. Après l'accroissement qui suit un repas, le *Porpostoma* s'enkyste à l'état de

(1) Séance du 30 juin 1947.

tomonte et subit deux divisions successives et, sous l'enveloppe kystique, les tomites de première et deuxième divisions s'allongent parallèlement.

Au début de la première division, le péristome subit une involution partielle; à la base de la membrane ciliaire droite, un groupe de quelques cinétosomes se multiplie en désordre pour donner un champ triangulaire, qui s'accroît au-dessous de la région buccale; une desmose s'allonge ensuite et repousse, vers la moitié postérieure du corps, le champ de cinétosomes qui se contracte, puis se découpe en territoires, qui donneront bientôt quatre ébauches ciliaires : un champ deltoïde antérieur allongé, un champ trapézoïde moyen, un champ falciforme prébuccal et une bandelette latérale droite, prolongée postérieurement par une desmose portant le cytopyge. Une disposition identique est réalisée simultanément, chez le proter, par la réorganisation du péristome involué.



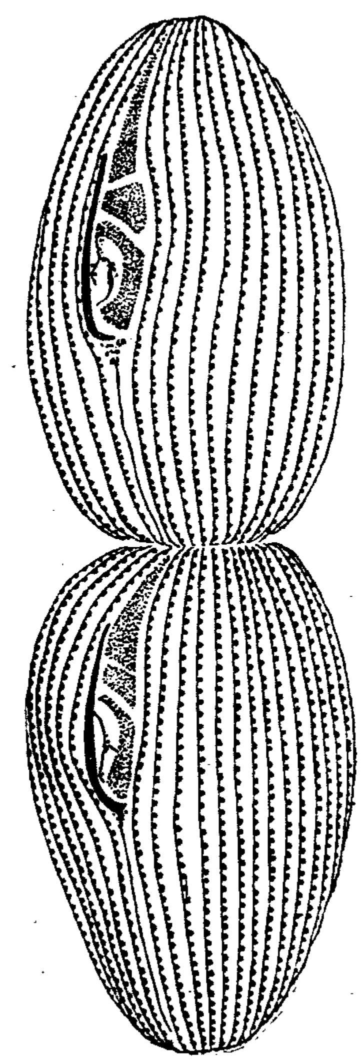


Fig. 1. — *Porposmota notatum* : A, péristome involué; B, ébauche buccale en formation.
Fig. 2. — *Id.*, stade ultérieur de la division.

Les mêmes processus morphogénétiques se répètent au cours de la seconde division et assurent la reconstitution des ébauches péristomiennes; ensuite, celles-ci réalisent le péristome définitif: 1° par allongement du champ falciforme, qui s'incurve dans le pharynx et 2° par la segmentation transversale irrégulière du champ deltoïde en une série de lames vibratiles ou pseudo-membranelles, dont l'ensemble constitue une pseudofrange adorale. Cette complication structurale a fait classer *Porpostoma* parmi les Hétérotriches (Möbius).

Philaster digitiformis n'a pas de cycle régulier, mais de simples divisions binaires. Au cours de la bipartition, les stades de la morphogenèse péristomienne sont étroitement comparables au cas précédent; le champ trapézoïde, très développé, est scindé en deux moitiés, droite et gauche; le champ falciforme est incurvé vers la droite, bordant la membrane latérale. La desmose bucco-anale est plus développée.

Les mêmes processus se retrouvent encore chez *Philasterides armata* (Kahl).

La famille des *Lembidæ*, qui groupe de petites formes microphages, tel *Uronema marina* Dujardin, ou histiophages, comme *Anophrys sarcophaga* Cohn, montre les mêmes mécanismes morphogénétiques que les *Philasteridæ*. Cependant la forme du péristome est différente, car les champs deltoïde, trapézoïde et falciforme, plus étroits, s'allongent sur le côté droit de la gouttière péristomienne, parallèlement à la bande latérale, tandis que la desmose bucco-anale, décrite par Von Gelei, chez *Uronema*, reste importante.

Les mécanismes décrits indiquent une étroite parenté entre les *Philasteridæ* et les *Lembidæ*, dont la structure péristomienne est, chez les uns comme chez les autres, du type tétrahyménien (Furgasson, 1940), caractéristique des *Frontinidæ* du groupe *Glaucoma-Colpidium*. Chez ces derniers, l'ébauche buccale se reconstitue à partir d'une cinétie somatique stomatogène, tandis que, chez les *Philasteridæ* et les *Lembidæ*, cette même cinétie paraît s'être incorporée à un système bucco-anal, qui devient, de ce fait, un ensemble morphologiquement indépendant de la ciliature générale.

PHYSIOLOGIE. — *Sur l'activité antigonadotrope du sérum d'Anguille.* Note (¹) de M. MAURICE FONTAINE et M^lle^ ODETTE CALLAMAND, transmise par M. Louis Fage.

Si des travaux antérieurs ont mis en lumière diverses propriétés du sérum d'Anguille vis-à-vis des Mammifères (action toxique, hémolytique, modification du tonus et de la perméabilité des vaisseaux), il semble que n'ait jamais été signalée l'intense activité antigonadotrope que nous décrivons ici.

Nous avons étudié la répercussion d'injections de sérum d'Anguille faites quotidiennement à de jeunes souris impubères du 19ᵉ au 20ᵉ jour, et suivies à partir du 21ᵉ jour et pendant 3 jours consécutifs d'injections d'hormone gonadotrope. Dans d'autres séries d'expériences, les injections de sérum et d'hormone ont été synchrones, le sérum étant injecté d'un côté de l'animal, l'hormone du côté opposé. Les hormones utilisées ont été la gonadormone Byla et l'hormone gonadotrope Roussel. Les souris étaient sacrifiées de 2 à 3 jours après la dernière injection selon les modalités du protocole adopté. Le sérum d'Anguille fut le plus souvent du sérum d'Anguille argentée femelle,

(¹) Séance du 7 juillet 1947.

mais nous avons également effectué quelques expériences avec le sérum d'Anguille femelle jaune et obtenu des résultats analogues, bien que ces derniers sérums se révèlent parfois d'activité moindre. Nous ne pouvions évidemment déceler cette activité antigonadotrope que si celle-ci se manifestait encore à des dilutions ne présentant plus d'action toxique, ou si un chauffage ménagé pouvait annihiler, ou du moins atténuer la toxicité en laissant subsister une action antigonadotrope. Ces deux séries d'expériences, conduites sur des lots homogènes de souris qui comportaient des individus témoins (témoins positifs recevant l'hormone seule, et témoins négatifs sans aucune injection), nous ont conduits à cette conclusion, principalement basée sur les pesées d'utérus et l'ouverture du vagin chez les femelles, sur les pesées des vésicules séminales chez le mâle : le sérum d'Anguille possède une activité antigonadotrope toujours intense, bien que nécessitant pour se manifester des volumes de sérum variables selon les Poissons. En général, une action inhibitrice totale vis-à-vis de 2 U.I. d'hormone Roussel est obtenue avec une dose de sérum dilué au dixième variant de $0^{cm^3},40$ à $0^{cm^3},75$, c'est-à-dire avec 4 à 7 centièmes de centimètre cube de sérum. Le sérum d'Anguille chauffé (30 minutes à 50°) doit être employé à des doses environ de 5 à 10 fois plus importantes pour obtenir le même résultat.

La mise en évidence de cette action antigonadotrope pose plusieurs questions :

Est-elle propre au sérum d'Anguille, ou se manifeste-t-elle avec le sérum d'autres Poissons? Nous avons effectué des essais avec des sérums de Carpes. Ceux ci, injectés aux mêmes doses que les sérums d'Anguille, n'ont manifesté que de légères actions, tantôt freinatrices, tantôt accélératrices, nullement comparables à celles inhibitrices observées avec le sérum d'Anguille.

A quelles fractions sériques est attribuable cette action? L'essai des échantillons résultant de l'ultra-filtration ou de la précipitation des protéines par les sels neutres, suivie de leur redissolution et d'une dialyse, confirme l'hypothèse la plus vraisemblable que le support de l'activité antigonadotrope se trouve dans les protéines du sérum ou étroitement lié à celles-ci. Mais l'activité toxique du sérum d'Anguille et son activité antigonadotrope sont-elles liées à la même fraction protéique, ou au contraire, attribuables à deux fractions différentes?

Le fait que le sérum chauffé conserve une action antigonadotrope n'est pas démonstratif de la non-identité chimique des deux fractions, car des doses sensiblement plus élevées que les doses utiles de sérum frais sont nécessaires, et, si la toxicité est considérablement atténuée par ce traitement, l'action antigonadotrope est aussi notablement diminuée. De plus, nous avons fréquemment noté une diminution de la croissance pondérale des individus recevant le sérum par rapport aux témoins, freinage de la croissance qui n'est sans doute qu'un aspect de la toxicité du sérum. Toutefois, nous avons obtenu dans plusieurs expériences une inhibition complète du développement des organes génitaux sans freinage du développement somatique de l'individu; mais ce fait ne saurait

à lui seul apporter la preuve que facteur antigonadotrope et facteur toxique sont différents, la sphère génitale pouvant être particulièrement sensible, et répondre la première à un seul et même facteur.

Cette dernière question nous a conduits à effectuer des fractionnements des protéines du sérum d'Anguille, à en étudier l'action physiologique, et les résultats de ces recherches seront prochainement exposés.

SEXUALITÉ. — *Variations périodiques de la structure du repli balano-préputial chez la Taupe de sexe femelle.* Note (¹) de M. **René Godet**, transmise par M. Maurice Caullery.

De nombreux auteurs ont noté la structure exceptionnelle du clitoris chez la Taupe. En effet, au cours de l'organogénèse des organes uro-génitaux externes chez cette espèce, contrairement à ce que l'on observe chez la plupart des Mammifères, le sillon urétral, parcourant le tubercule génital, se referme sur toute sa longueur, par suite de la croissance des bords du sinus (*labia minora*). En même temps, le repli génital (labia scrotal) recouvre, par un vaste mouvement d'enveloppement, le tubercule génital tout entier. Celui-ci se trouve donc littéralement enfoui sous la poussée du repli génital, qui, en soudant ses bords au-dessus du tubercule, constitue un canal dans le prolongement de l'urètre, issue du sinus. Ainsi, chez la Taupe femelle, le méat urinaire se situe à l'extrémité du clitoris et il existe un repli balano-préputial profond, qui toutefois n'entoure jamais complètement l'urètre.

Nous avons suivi l'évolution de ce repli balano-préputial chez la Taupe femelle au cours de la vie post-embryonnaire et adulte. Les résultats rapportés tiennent compte de l'observation de 105 individus femelles capturés aux différents mois de l'année. Pour limiter le travail histologique, 50 clitoris ont été examinés sur coupes de 5^{μ}, après coloration à l'hémalun-éosine et 55 clitoris ont été, par la suite, pour vérification statistique des résultats précédents, débités en tranches épaisses, colorés *in toto* et examinés à la loupe binoculaire; cette dernière méthode suffit pour diagnostiquer une ouverture ou une soudure des feuillets du repli.

A la naissance, le repli est formé par deux lames soudées, possédant chacune une seule couche de cellules. L'épaisseur totale est de 12^{μ}.

A l'âge de six mois (novembre), des digitations (6 à 8) apparaissent sur la lame externe. Chaque feuillet n'est encore constitué que d'une seule couche de cellules, à limites souvent mal définies, à cytoplasme très éosinophile, à noyaux polyédriques, allongés perpendiculairement à la direction du repli et fortement chromophiles. L'épaisseur totale du repli est de 15^{μ}.

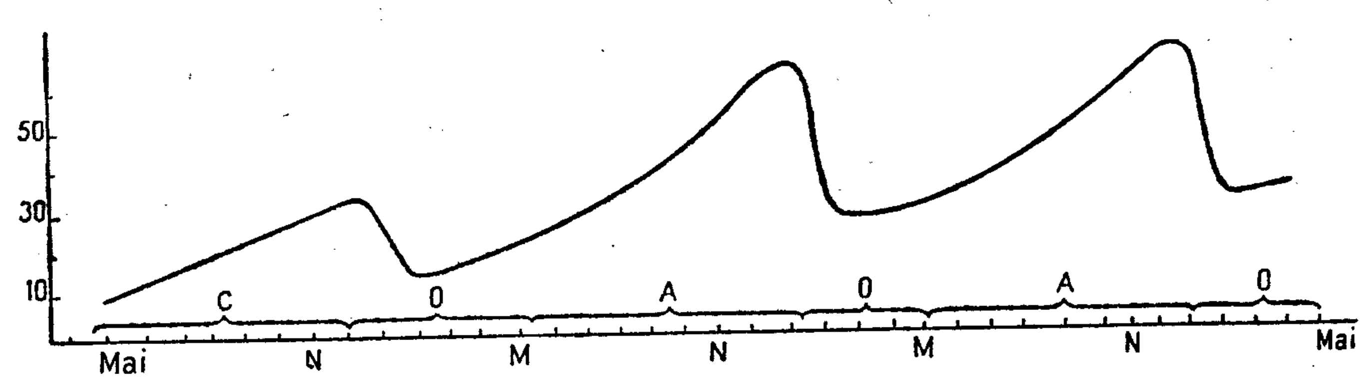
(¹) Séance du 30 juin 1947.

Au début de la première période d'œstrus (février suivant), on observe une troisième couche de cellules, plus volumineuses, à gros noyaux clairs, avec un nucléole, allongés dans le sens du repli entre les feuillets.

Au cours de la gestation et de la lactation, les lames du repli sont à nouveau monocellulaires. Par la suite, on observe, à partir de juin (anœstrus), un accroissement régulier de la taille du repli, qui atteint 35 à 70^{μ} en novembre, avec 5 à 12 couches de cellules. Sur une dizaine d'exemplaires, nous avons observé une séparation complète des lames du repli.

Au début de la seconde période d'œstrus, en janvier-février, la majeure partie des replis se sont clivés. Nous avons reconnu deux processus différents préludant à la séparation des feuillets. Dans un cas, le clivage se manifeste dès que le repli possède 4 à 5 couches de cellules. La lame externe organise de nombreuses évaginations, ou odontoïdes, tandis que les digitations se renflent en massue. Au centre de celles-ci, certaines cellules deviennent plus volumineuses et perdent leur éosinophilie. Autour d'elles, les cellules se disposent concentriquement, s'allongent, et se kératinisent. Finalement, les cellules du centre se lysent et les autres desquamment dans la lumière. Le processus se généralise à partir de ces centres. Dans d'autres cas, le repli atteint une épaisseur de 10 à 12 couches de cellules avant de se cliver rapidement, sans apparition d'odontoïdes, à partir de cellules réparties tout le long du repli en son centre.

Au cours de la seconde gestation, les deux lames se soudent et le repli balano-préputial prend l'aspect que nous avons indiqué lors de la première gestation. Il s'établit ainsi un cycle périodique, qui se renouvelle désormais annuellement (*fig.* 1).



Variations de l'épaisseur du repli balano-préputial en fonction de l'âge : *c*, période de croissance post-embryonnaire; *o*, période d'activité sexuelle (Œstrus, Gestation, Lactation); A, période de repos sexuel (Anœstrus).

En résumé, le repli balano-préputial du clitoris, chez la Taupe, subit d'importantes variations de structure au cours de l'année. De novembre à fin janvier, le repli atteint son maximum d'épaisseur; dans la majeure partie des cas il se clive dans toute sa longueur. Pendant la gestation et la lactation, les feuillets séparés se soudent à nouveau. Il existe donc, au niveau du repli balano-préputial, chez la femelle, un cycle annuel extrêmement net.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *A propos de l'action protérogène de l'amide nicotinique sur l'exuviation de* Triatoma infestans *Klug* (*Réduvidé hémophage*). Note de M. **Pierre Nicolle** et M^me^ **Marguerite Lwoff**, présentée par M. Maurice Caullery.

L'amide nicotinique, introduite à concentrations élevées dans le régime de *Triatoma infestans* nourri artificiellement, produit au premier stade larvaire un effet accélérateur sur la mue. Les larves soumises au régime hypernicotinamidé muent plus tôt que les témoins, alors qu'elles n'ont absorbé qu'une quantité notablement inférieure de liquide nutritif; les larves correspondantes du stade suivant sont de poids inférieur aux témoins ([1]).

Précisons en premier lieu que cet effet protérogène ne se manifeste pas nettement à deux stades consécutifs, des phénomènes contraires venant le masquer plus ou moins complètement. Pour étendre aux autres stades larvaires notre étude sur l'influence accélératrice de la nicotinamide, il convenait donc de nourrir les larves destinées aux expériences avec un liquide ne renfermant que la quantité *normale* de vitamine PP, c'est à dire le taux de la nicotinamidémie humaine moyenne [chiffres de Quèrido, Lwoff et Lataste ([2])].

Ce liquide est celui qui nous avait antérieurement permis d'obtenir le cycle complet de développement des Triatomes dans des conditions artificielles d'alimentation ([3]). Il est constitué par du sérum inactivé de cheval, additionné de glucose ($0^{g},2$ pour 100^{cm^3}) et d'un certain nombre de substances reconnues indispensables ou favorables à la croissance de ces Réduvidés : hémine ($0^{mg},85$ pour 100^{cm^3}), aneurine (90γ %), lactoflavine ($2,5\gamma$ %), acide ascorbique (2^{mg} %), pantothénate de calcium ($0^{mg},5$ %), amide nicotinique ($0^{mg},9$ %). Au stade choisi pour l'expérience, les larves sont réparties en deux groupes égaux : l'un continuera à ingérer le mélange normal indiqué ci-dessus (lot témoin *T*), l'autre (*E*) sera alimenté avec un mélange semblable renfermant, non plus la teneur normale de nicotinamide, mais seize fois cette teneur, soit $14^{mg},4$ pour 100^{cm^3}. Les expériences sont conduites suivant notre technique habituelle : pesée globale des larves de chaque lot avant et après les repas, isolément et pesée des mues dès leur apparition.

Le tableau ci-après exprime nos résultats.

Aux deuxième, troisième et quatrième stades larvaires, l'excès d'amide nicotinique a provoqué un raccourcissement des délais exuviaux. Apparition des premières mues, 15 jours au lieu de 28 au deuxième stade; 18 jours au lieu de 26 au troisième stade; 28 jours au lieu de 45 au quatrième stade. —

([1]) M. Lwoff et P. Nicolle, *Comptes rendus*, 219, 1944, p. 246.

([2]) *C. R. Soc. Biol.*, 130, 1939, p. 1580.

([3]) P. Nicolle et M. Lwoff, *C. R. Soc. Biol.*, 138, 1944, p. 341 et M. Lwoff et P. Nicolle, *Bull. Soc. Path. exot.*, 39, 1946, p. 206.

Stades.	Lots.	Teneur en nicotinamide (mg pour 100cm³).	Nombre de repas effectués.	Quantités de liquide ingérées (mg).	Délais exuviaux (jours) 1ᵉ mue.	25 % du lot.	50 % du lot.	Poids d'une larve au stade suivant (mg).
Deuxième stade larvaire	120 (*T*)	0,9	13	51	28	37	44	9,39
	121 (*E*)	14,4	6	17	15	18	21	7,37
Troisième stade larvaire	132 (*T*)	0,9	12	138	26	39	50	21,16
	133 (*E*)	14,4	9	79	18	28	35	18,06
Quatrième stade larvaire	142 (*T*)	0,9	20	378,5	45	65	pas atteints	48,07
	143 (*E*)	14,4	15	306	28	49	78	45

25 % de l'exuviation de la totalité des larves, 18 jours au lieu de 37 au deuxième stade; 28 jours au lieu de 39 au troisième stade; 49 jours au lieu de 65 au quatrième stade. — 50 % de l'exuviation de la totalité des larves, 21 jours au lieu de 44 au deuxième stade; 35 jours au lieu de 50 au troisième.

L'effet protérogène de l'amide nicotinique sur l'exuviation se fait donc sentir aussi bien aux deuxième, troisième et quatrième stades larvaires qu'au premier et se manifeste par les mêmes phénomènes, à condition toutefois que les Triatomes n'aient pas été soumis au préalable à un régime hypernicotinamidé.

En ce qui concerne le cinquième stade, ou stade nymphal, les essais n'ont été poursuivis qu'avec des insectes élevés sur Cobaye jusqu'à ce stade. Aucun résultat significatif n'a pu être noté dans ces conditions; les expériences doivent être reprises avec des Triatomes nourris artificiellement aux quatre premiers stades de leur développement.

Il faut ajouter enfin que des expériences du même type effectuées avec d'autres vitamines du groupe B, aneurine, lactoflavine, acide pantothénique, n'ont pas permis de mettre en évidence une action analogue. L'effet protérogène reste donc jusqu'ici l'apanage de la nicotinamide, dont le mode d'action reste à élucider.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *La survie d'organites non stériles en milieu antiseptique et nutritif, comme procédé d'analyse morphogénétique.* Note (¹) de M. **J.-André Thomas**, présentée par M. Robert Courrier.

A la suite de nos expériences sur la survie des organites d'Échinodermes, *in vitro* (²), nous nous sommes demandé (1941) si certains petits organes externes d'animaux aquatiques n'étaient pas susceptibles d'être entretenus et d'évoluer dans un milieu de survie non stérilisé, renouvelé tous les jours et enrichi convenablement en facteurs alimentaires.

(¹) Séance du 7 juillet 1947.

(²) *Comptes rendus*, **213**, 1941, pp. 85-88 et 252-254.

Nous avons longuement mis au point (³) un milieu stable, synthétique, rendu suffisamment antiseptique par la présence de substances dites *antibiotiques*, à des concentrations ne gênant pas la morphogénèse, et contenant des substances nutritives. Il permet la survie d'organites embryonnaires ou adultes de Vertébrés aquatiques.

Solution physiologique.

	g
CLNa	5,35 (par ex.)
PO_4H_2K	0,10
PO_4HNa_2, $12H_2O$	0,90
SO_4Mg, $7H_2O$	0,15
Gluconate de calcium	0,50
Eau bidistillée (de plus de 2 jours) q. s. p.	1000^{cm^3}

La quantité de chlorure de sodium peut varier à volonté selon la concentration moléculaire désirée. Les phosphates constituent un système tampon fixe suffisant qui rend cette solution stable (pH 7,1 ou très voisin, à l'électrode de verre) : on évite ainsi le défaut principal du liquide de Tyrode. Le rapport Ca/K est de 1,5 (⁴). A cette solution non stérilisée sont ajoutés les *antibiotiques*, et si l'on veut les substances nutritives.

Solution antibiotique (pour 1000^{cm^3}).

p-amino-phényl-sulfamide	$1^g,5$
Pénicilline	2 000 U. O. environ

L'expérience prouve que ces substances empêchent suffisamment l'infection dans les conditions des expériences, si la température n'est pas trop élevée (10 à 15° C). D'autres dérivés sulfamidés ne sont pas nécessaires. D'autres « antibiotiques », encore moins toxiques, pourront être utilisés dans la suite. Divers antiseptiques proprement dits sont défavorables (Nipagine, Moldex, Quinosol, etc...).

Solution nutritive (pour 1000^{cm^3}).

	g.		g.
Glycine	0,25	*l*-tryptophane	0,10
Acide thymonucléique	0,10	Chlorhydrate de cystéine	0,10
Acide ribonucléique	0,10	Acide ascorbique	0,003

Pratiquement, pour préparer 20^{cm^3} de milieu à répartir dans une petite boîte de Pétri, il convient de mélanger, au moment de l'emploi, des solutions stock, différemment concentrées, conservées à la glacière et renouvelées plus ou moins souvent selon leur nature. Soit : 1° gluconate de calcium (4 fois concentré), 5^{cm^3}; 2° reste salin (× 4), 5^{cm^3}; 3° sulfamide (× 5), 4^{cm^3}; 4° pénicilline (× 40), $0^{cm^3},5$; 5° eau bidistillée ou solution nutritive, $5^{cm^3},5$.

(³) Avec l'assistance de nos collaborateurs M^lle Borderioux et M. François Lamy.

(⁴) Notons, de plus, que la solution physiologique seule peut remplacer le liquide de Tyrode et qu'elle présente l'avantage, pour divers emplois, d'être stérilisable à l'autoclave à 110° C. Il suffit de préparer séparément, à double concentration le gluconate de calcium d'une part, et le reste des sels d'autre part, et de mélanger à parties égales après stérilisation. La procédure est la même si l'on désire un liquide plus alcalin (par exemple pH 7,6, par adjonction de soude dans la solution de gluconate de calcium).

La solution nutritive comprend elle-même deux parties : A, chlorhydrate de cystéine et acide ascorbique (× 40) et B, reste nutritif (× 4). Ce dernier est préparé, pour 100^{cm^3}, de la façon suivante, au bain-marie à 58°C., eau bidistillés $97^{cm^3},3$, soude N/10 $1^{cm^3},20$, glycocolle, acide thymonucléique, soude N/10 $1^{cm^3},50$, acide ribonucléique, tryptophane (pH 7,7-7,9). Pour 20^{cm^3} de milieu total par exemple, la solution nutritive est formée, à l'emploi, par A, $0^{cm^3},5$ et B, 5^{cm^3}, plus soude N/10 $0^{cm^3},13$ (pH du milieu complet environ 7,1).

Dans un tel milieu antiseptique, non stérilisé, enrichi ou non de substances nutritives, d'ailleurs modifiées selon les expériences, survivent, mieux que dans le liquide de Holtfreter par exemple, divers petits organes isolés de Batraciens : doigts, blastèmes de régénération, fragments de peau, chez le Triton adulte, branchies de larves de salamandres. Ils se cicatrisent et subissent des processus morphogénétiques intéressants sur lesquels nous reviendrons.

Le procédé de la survie des organites non stériles en milieu antiseptique et au besoin nutritif est susceptible de permettre, de la façon la plus simple, l'analyse de divers phénomènes morphogénétiques. Le développement expérimental par autodifférenciation des ébauches embryonnaires isolées (transplantation *in vitro*) paraît devoir en bénéficier.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Action des hormones sexuelles sur le développement embryonnaire de la glande mammaire de la Souris.* Note (¹) de M. **Albert Raynaud**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

Dans deux travaux récents (²) j'ai montré que les hormones androgènes et œstrogènes injectées à la Souris gravide agissent sur le développement des ébauches mammaires des fœtus. La présente Note résume ces recherches et apporte des résultats préliminaires de nouvelles investigations.

C'est au seizième jour de la vie intra-utérine qu'apparaissent les différences sexuelles dans l'histogénèse normale de la glande mammaire : chez les fœtus de sexe femelle, le bourgeon mammaire primitif est relié à l'épiderme par une tige épithéliale épaisse ; chez les fœtus mâles du même âge, un amas de cellules mésenchymateuses s'individualise autour de la tige épithéliale reliant le bourgeon mammaire à l'épiderme ; cette tige s'amincit, se rompt, et par ce processus l'ébauche mammaire se sépare de l'épiderme.

J'ai obtenu, expérimentalement, les modifications suivantes de ce développement :

1° Le propionate de testostérone injecté précocement à la Souris gravide (32^{mg} par exemple, du 8ᵉ au 15ᵉ jour) déclenche, chez les fœtus femelles, une histogénèse mâle de leurs ébauches mammaires : leur bourgeon mammaire primitif se sépare de l'épiderme, au 16ᵉ jour, comme il le fait chez le fœtus

(¹) Séance du 7 juillet 1947.

(²) *Société d'Endocrinologie*, séance du 26 juin 1947.

mâle normal : un amas de cellules mésenchymateuses s'individualise autour de la tige épithéliale du bourgeon, cette tige s'amincit puis se fragmente; et à terme, l'ébauche mammaire est représentée par un simple cordon épithélial légèrement ramifié, non relié à l'épiderme.

II. L'injection de 2,5 à 12^{mg} de dipropionate d'œstradiol (ou de 3^{mg} de dihydrostilbœstrol) à la Souris, au cours de la deuxième moitié de la gestation, provoque une inhibition du développement des ébauches mammaires des fœtus des deux sexes : cette inhibition est, en général, totale pour les ébauches mammaires inguinales (qui sont, alors, complètement absentes chez les fœtus des deux sexes, à terme), et seulement partielle pour les ébauches pectorales qui sont simplement représentées chez ces fœtus, par de très courts cordons épithéliaux atrophiques; ces mêmes injections déterminent le développement des mamelons chez les fœtus mâles et femelles.

III. Dans une troisième série d'expériences, le dipropionate d'œstradiol a été injecté directement dans la cavité abdominale du fœtus [3] : *a. chez les fœtus femelles*, une dose de 50$^{\gamma}$ a fait légèrement développer les mamelons inguinaux mais n'a pas eu d'effet décelable sur les ébauches mammaires; une dose de l'ordre de 190$^{\gamma}$ injectés à l'âge de 14 jours 14 heures a provoqué un léger développement des mamelons inguinaux, et a eu un effet inhibiteur très marqué sur le développement des ébauches mammaires : les ébauches inguinales ne sont plus représentées chez ces fœtus, à l'âge de 19 jours 8 heures, que par de courts cordons non ramifiés, atrophiques; *b. chez les fœtus mâles*, 190$^{\gamma}$ de dipropionate d'œstradiol injectés à l'âge de 14 jours 14 heures n'ont pas fait développer les mamelons, mais ont provoqué une hypertrophie des canaux de Muller et ont stimulé les ébauches mammaires qui se présentent à terme sous forme de cordons épithéliaux, ramifiés et bourgeonnant, se terminant tout à fait à proximité de l'épiderme.

En résumé il résulte de l'ensemble de ces recherches : *a.* que l'ébauche mammaire se comporte, au moins à partir du 15^{e} jour de la vie embryonnaire, comme un véritable caractère sexuel : à un stade précoce, cette ébauche, morphologiquement indifférenciée, est bipotentielle; son histogénèse sexuelle normale est vraisemblablement sous la dépendance des sécrétions embryonnaires des glandes génitales; *b.* que le propionate de testostérone a la capacité de déterminer, chez les fœtus femelles, une histogénèse mâle de l'ébauche mammaire : sous son effet, les cellules mésenchymateuses voisines s'organisent en un amas qui entoure la tige du bourgeon mammaire, et cette tige se

(3) Ces expériences ne sont pas encore complètement démonstratives, car lorsqu'on retire l'aiguille ayant servi à l'injection, il ressort un peu de la solution huileuse injectée et l'œstrogène peut ainsi passer dans la circulation maternelle (dans un cas cette substance a nettement agi sur un fœtus non injecté).

fragmente; *c.* que les substances œstrogènes peuvent exercer deux actions sur l'ébauche mammaire : à faibles doses elles stimulent l'ébauche, tandis qu'à concentration élevée elles inhibent son développement [4].

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Recherches sur la constitution et la toxicité de la ricine pure.* Note [1] de M^lles **Éliane Le Breton** et **Yvonne Moulé**, présentée par M. Louis Lapicque.

Depuis les recherches classiques de Osborne, Mendel et Harris (1905) et celles plus récentes de Karrer (1924), la ricine n'a fait l'objet d'aucune étude biochimique étendue. Kabat, Heidelberger et Bezer viennent de publier [2] un travail concernant les propriétés immunologiques de cette toxalbumine.

Dès 1943, nous avons entrepris l'étude de la constitution chimique de la ricine [Y. Moulé, *Thèse de Doctorat ès Sciences* (à paraître)] et des rapports qui lient la structure de sa molécule à sa grande toxicité.

Par une technique originale, nous avons préparé une ricine pure dont les caractères physicochimiques et la constitution en aminoacides seront prochainement publiés. Signalons simplement ici que la teneur en tryptophane de cette toxalbumine est exceptionnellement élevée : $12^g,7$ pour 100^g de ricine pure, alors que les protéines totales de la graine n'en contiennent que 1,7 % [3]. Par aucun procédé de fractionnement nous n'avons pu obtenir une ricine plus riche en tryptophane ou de toxicité plus grande.

Notre ricine pure, administrée en injection sous-cutanée au Rat blanc

(4) Pour interpréter l'action inhibitrice des œstrogènes sur l'ébauche mammaire, on peut envisager soit une action directe sur l'ébauche (les processus de cette action locale pouvant être multiples), soit une action indirecte; cette dernière action pourrait s'exercer : *a.* soit par suppression des substances déterminant normalement la croissance de l'ébauche, ou d'une autre substance, dont la présence serait nécessaire au développement de l'ébauche; *b.* soit par l'effet secondaire d'une modification générale ou régionale (modification du mésenchyme, du liquide interstitiel). On sait que chez l'adulte, de fortes doses d'œstrogène inhibent le développement de la glande mammaire en inhibant une sécrétion hypophysaire (une substance hypophysaire étant nécessaire pour que l'action stimulante des œstrogènes puisse s'exercer sur la glande mammaire). Par analogie, on peut se demander si un mécanisme semblable n'entre pas en jeu chez le fœtus; à ce sujet il est intéressant de signaler que la glande interstitielle du testicule de ces fœtus (qui proviennent de mères ayant reçu de fortes doses de substance œstrogène pendant la gestation) est fortement atrophiée; cette atrophie (qui permet de rendre compte de l'atrophie des canaux de Wolf et de l'absence de masculinisation du reste du tractus génital du fœtus), peut s'interpréter en admettant que l'œstrogène a supprimé, chez le fœtus, la libération d'une substance hypophysaire (que celle-ci soit d'origine fœtale, ou qu'elle provienne de l'hypophyse maternelle, ou qu'il s'agisse d'une sécrétion placentaire).

(1) Séance du 30 juin 1947.

(2) *Journ. of Biol. Chem.*, **168**, 1947, p. 629.

(3) *Technique de Fürth et Dische* (*Biochem. Zeits.*, **146**, 1924, p. 275).

(Souches *Commentry* ou *Institut du Cancer*) ou au Lapin, donne la mort dans les délais suivants :

	Doses léthales.	
Rat blanc (200 à 225^g)......	1,44γ	par Rat mort en moins de 48 heures
» »	1,0	» » 60 »
Lapin (de 1,8 à 2^{kg},3)......	1,5	par kg » 72 »

Chez la Souris blanche de 20^g la mort a été obtenue en moins de 96 heures par une injection de $0^{\gamma},2$ dans le péritoine. La ricine la plus pure, essayée par Kabat, Heidelberger et Bezer, tue la Souris à la dose de $1^{\gamma},5$ en 24 heures, par injection intrapéritonéale.

Dans leur Mémoire, les auteurs américains signalent qu'une digestion prolongée de la ricine (1 à 2 semaines) avec la pepsine ou la trypsine, conduisant *à l'obtention de 40 à 50 % de produits de bas poids moléculaire*, donne une disparition de la substance immunologiquement active et de la toxicité. Une dégradation aussi profonde entraîne évidemment la disparition de la toxicité. Nos recherches sur l'action des enzymes protéolytiques ont eu pour but de voir si une faible attaque de la molécule pouvait déjà faire disparaître les associations responsables de la propriété léthale.

La solubilité de la ricine pure étant faible, les enzymes sont ajoutés à des suspensions homogènes de ce substrat. Les quantités d'enzymes employées étaient fonction du résultat qu'on désirait obtenir.

I. *Action de la papaïne*, 48 heures à 37°, à pH 7. — Pour des concentrations en enzyme et substrat ne conduisant à *aucune libération de groupements aminés*, on a cependant un abaissement considérable de la toxicité, 25γ injectés au Rat permettent la survie.

Lorsque l'attaque correspond à la libération de 2,5 % de l'azote total sous forme d'azote aminé titrable, on peut injecter impunément 100 doses mortelles au Rat.

II. *Action de la pepsine*, 48 heures à 37°, à pH 2. — Avec une concentration en enzyme qui donne une liquéfaction de la suspension de ricine *sans aucune libération de groupements aminés ou de groupements carboxyles*, on obtient une solution dont on peut injecter au Rat une quantité correspondant à 100 fois la dose mortelle sans effet toxique.

III. *Action combinée de la tryptase et de la carboxypolyptidase pancréatiques*, 48 heures à 37°, à pH 7,7. — Après une attaque ménagée conduisant cependant à la libération de 1,25 % de l'azote total de la ricine sous forme d'azote aminé libre, la toxicité n'est que de trois à quatre fois plus faible que la toxicité initiale.

Si les conditions sont réglées de façon à permettre la libération de 5,4 % de l'azote sous forme de groupements aminés libres, la toxicité disparaît. L'injection d'une quantité de suspension correspondant à 100γ de ricine pure est sans action.

On voit que la diminution ou la disparition de la toxicité de la ricine pure sous l'action de l'hydrolyse par les enzymes protéolytiques est liée à la fragmentation de la molécule de toxalbumine en fragments du type albumoses, et non à la simple libération de groupements aminés libres.

L'opposition entre les effets d'un début d'attaque soit par la trypsine soit par la pepsine, illustre cette affirmation.

MICROBIOLOGIE. — *Réactions tissulaires de nature allergique provoquées par une endotoxine bactérienne*. Note [1] de M. **Albert Delaunay**, M^me^ **Jacqueline Lebrun**, M. **Jean-Pierre Kerneis** et M^me^ **Marcelle Delaunay**, transmise par M. Gaston Ramon.

Poursuivant nos recherches sur l'action, dans différentes conditions, des endotoxines bactériennes [2], nous avons entrepris une nouvelle série d'expériences.

Des cobayes normaux, pesant entre 250 et 400^g, en parfait état physiologique au début de l'expérience, ont reçu les 27, 28, 29 et 31 janvier, le 3 et le 6 février 1947, une injection sous-cutanée (abdominale) de 4/10 de milligramme d'endotoxine typhique en solution dans l'eau. Ces animaux, divisés en 3 lots, ont été sacrifiés, les premiers le 4 février, les seconds le 6 février, les derniers le 11 février. Au moment de leur mort, un grand nombre d'entre eux avaient maigri. Leurs organes (ganglions cervicaux, thyroïde, thymus, sous-maxillaire, poumons, reins, surrénales, rate, foie), ont été prélevés, placés dans un liquide fixateur, enfin coupés et colorés selon les techniques classiques des histologistes. L'examen des coupes nous a permis de faire les observations suivantes.

a. En tous cas, nous avons observé une *hypertrophie importante du cortex surrénal*, que traduisait déjà macroscopiquement l'augmentation de masse de la glande tolale et qui était accompagnée par des modifications histologiques importantes. La couche glomérulaire était amincie et claire; les couches sous-jacentes (surtout la fasciculée) étaient au contraire anormalement développées. Dans la couche fasciculée, se trouvaient côte à côte des zones sombres et des zones claires, celles-ci étant constituées par des cellules remplies de vacuoles. A leur niveau, le tissu avait pris cet aspect de crible qui caractériserait, selon Ch. Lombard, P. de Boissezon et M. Pierre [3], l'hyperactivité fonctionnelle de la glande. Les capillaires étaient dilatés. Enfin sur un certain nombre de coupes du cortex, nous avons découvert en outre des raptus hémorragiques et des petits foyers inflammatoires. De son côté, *la médullo-surrénale* était presque toujours le siège de phénomènes hémorragiques importants, parfois même considérables.

b. L'examen des *organes lymphoïdes* (ganglions, rate, thymus) s'est également montré instructif. Nous y avons rencontré constamment des lésions inflammatoires typiques, tantôt aiguës (dilatation des vaisseaux, œdème, altérations lymphocytaires, infiltration de polynucléaires, etc.), tantôt subaiguës (réticulose), tantôt chroniques (multiplication des fibroblastes, hypercollagénèse). Sur des pièces prélevées chez les cobayes sacrifiés tardivement, nous avons été frappés par l'importance de la réaction scléreuse qui avait entraîné une atrophie du tissu (faits surtout nets dans le cas du thymus).

---

(1) Séance du 7 juillet 1947.

(2) *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 1669.

(3) *Ann. Endocrin.*, 7, 1946, p. 165.

c. Enfin, l'étude des autres organes prélevés nous a permis de mettre encore en évidence des lésions diverses : parfois une dégénérescence graisseuse du foie, des pycnoses nucléaires dans le pancréas, une réticulose souvent très marquée dans les poumons... Seuls, les reins nous ont paru normaux dans la plupart des cas.

Nous nous sommes demandé quelle pouvait être la pathogénie de ces diverses lésions. Les endotoxines sont des substances toxiques qui produisent dans les organismes sensibles des désordres de tous genres : troubles physiologiques et altérations anatomiques. Nous ne pensons pas cependant que les réactions tissulaires que nous avons observées dans ces expériences soient simplement le fait d'une atteinte directe des cellules par le poison typhique. Elles sont trop importantes. Nous croyons plutôt qu'elles traduisent de véritables interactions antigène-anticorps au sein de l'organisme (on sait que l'entodoxine typhique, comme toutes les endotoxines, est un bon antigène). Ce qui nous incite par ailleurs à soutenir ce point de vue, c'est que les lésions que nous venons de décrire sont, dans leur ensemble, très comparables à celles qu'ont signalées récemment A. R. Rich (4) et différents auteurs à l'examen d'organes prélevés chez des sujets morts en état d'anaphylaxie ou chez des animaux rendus allergiques.

Mais par quel mécanisme des interactions antigène-anticorps *in vivo* peuvent-elles conduire à de telles modifications anatomiques? Nous estimons que les travaux récents de H. Selye (5) sur « la réaction d'alarme » peuvent nous aider à trouver une réponse à cette question. L'organisme sensibilisé, placé de nouveau au contact de l'antigène en cause, réagirait à ce choc en mettant en jeu au maximum ses divers moyens de défense non spécifiques qui semblent assurés au premier chef par le système neuro-hormonal. Il en résulterait un déséquilibre vaso-sympathique et un dysfonctionnement des glandes endocrines, notamment des surrénales. Des hormones ou des produits analogues se trouveraient finalement libérés en excès dans le courant circulatoire. Selon toute vraisemblance, ce sont ces diverses substances qui sont les véritables facteurs déterminant des réactions tissulaires constatées. Dès à présent, un certain nombre d'arguments viennent militer en faveur de notre thèse : nous mentionnerons, par exemple, certains faits d'observation recueillis par Reilly sur le rôle du système neurovégétatif au cours des infections et, d'autre part, les expériences de H. Selye qui ont permis à cet auteur de reproduire des lésions inflammatoires fort voisines des nôtres en mettant simplement en œuvre certaines hormones cortico-surrénales.

Ainsi, l'importance des perturbations endocriniennes dans la genèse et le développement des phénomènes immunologiques paraît chaque jour plus grande.

---

(4) *Bull. Johns Hopkins Hosp.*, **71**, 1942, pp. 123 et 375; **72**, 1943, p. 65; **73**, 1943, p. 239; **75**, 1944, p. 115, etc.

(5) *J. of clin. Endocrin.*, **6**, 1946, p. 117.

ANATOMIE PATHOLOGIQUE. — *Le phénomène de tubulation et autres manifestations de cytolyse dans les adénocarcinomes mammaires de Souris.* Note [1] de M^me **Nadine Dobrovolskaïa-Zavadskaïa** et M^lle **Irène Nekhorocheva.**

Il est connu que la prolifération bénigne d'un tissu précède souvent sa cancérisation [2] [3]. D'autre part, il a été démontré [4] que les adénocarcinomes mammaires spontanés peuvent se présenter, sous l'influence de différents agents exogènes, avec l'apparence d'épithélioma pavimenteux et de sarcomes. Leur nature glandulaire véritable est, en général, trahie dans ces cas par des métastases pulmonaires qui gardent leur structure d'adénocarcinome. Ces constatations nous amènent à la question de savoir : n'existe-t-il pas dans les tumeurs malignes mêmes, quelques manifestations histologiques qui pourraient être interprétées, sinon comme signes de transformation bénigne, du moins comme ceux d'une évolution possible vers un type de tumeur moins maligne. Le phénomène de *tubulation*, raréfaction du tissu cancéreux et apparition de structures rappelant sur la coupe une dentelle, semblent rentrer dans la catégorie de telles manifestations.

Sur la figure 1 est représentée la tumeur d'une souris non traitée; on y distingue quelques gros cordons pleins, puis une quantité de cordons étirés, pénétrés de trous, parfois allongés, se suivant l'un après l'autre et donnant l'impression de transformation, du moins partielle, de ces cordons en tubes.

La cytolyse est encore plus manifeste sur la coupe d'un adénocarcinome mammaire traité par l'acide ascorbique (*fig.* 2). Les cordons se disloquent, la partie centrale se détache, sans être nécrosée, de la couche périphérique et parfois même directement du stroma, et les cellules cancéreuses fondent de plus en plus par une dissociation hydrolytique de leur substance. Les stades plus avancés par ce processus communiquent au tissu cancéreux, sur la coupe, une apparence de dentelle.

Il faut distinguer le phénomène de cytolyse qui est à la base du changement structural des cordons dans les deux premières figures, du simple œdème du tissu tumoral qui est représenté sur la figure 3 : les cordons restent ici pleins, mais ils sont éloignés les uns des autres par un stroma œdémateux, pénétré de boules et de petites cavités remplies par le liquide accumulé entre les fibres.

---

(1) Séance du 30 juin 1947.

(2) H. Apolant, *Arbeiten aus dem königl. Institut für experimentalle Therapie zu Franckfurt a. M.*, 1906.

(3) A. Lacassagne, *Ergebnisse der Vitamin- und Hormonforsch*, **2**, 1939, pp. 259-296.

(4) N. Dobrovalskaïa-Zavadskaïa, *Acta de l'Un. Inter. contre le Cancer*, 5, 1940, pp. 55-70.

Cette tumeur n'a pas été traitée, et cet œdème traduit probablement un dérangement dans la circulation générale.

En définitive, nous relatons ici quelques formes particulières de cytolyse dans les adénocarcinomes mammaires spontanés des Souris. La cytolyse diffuse

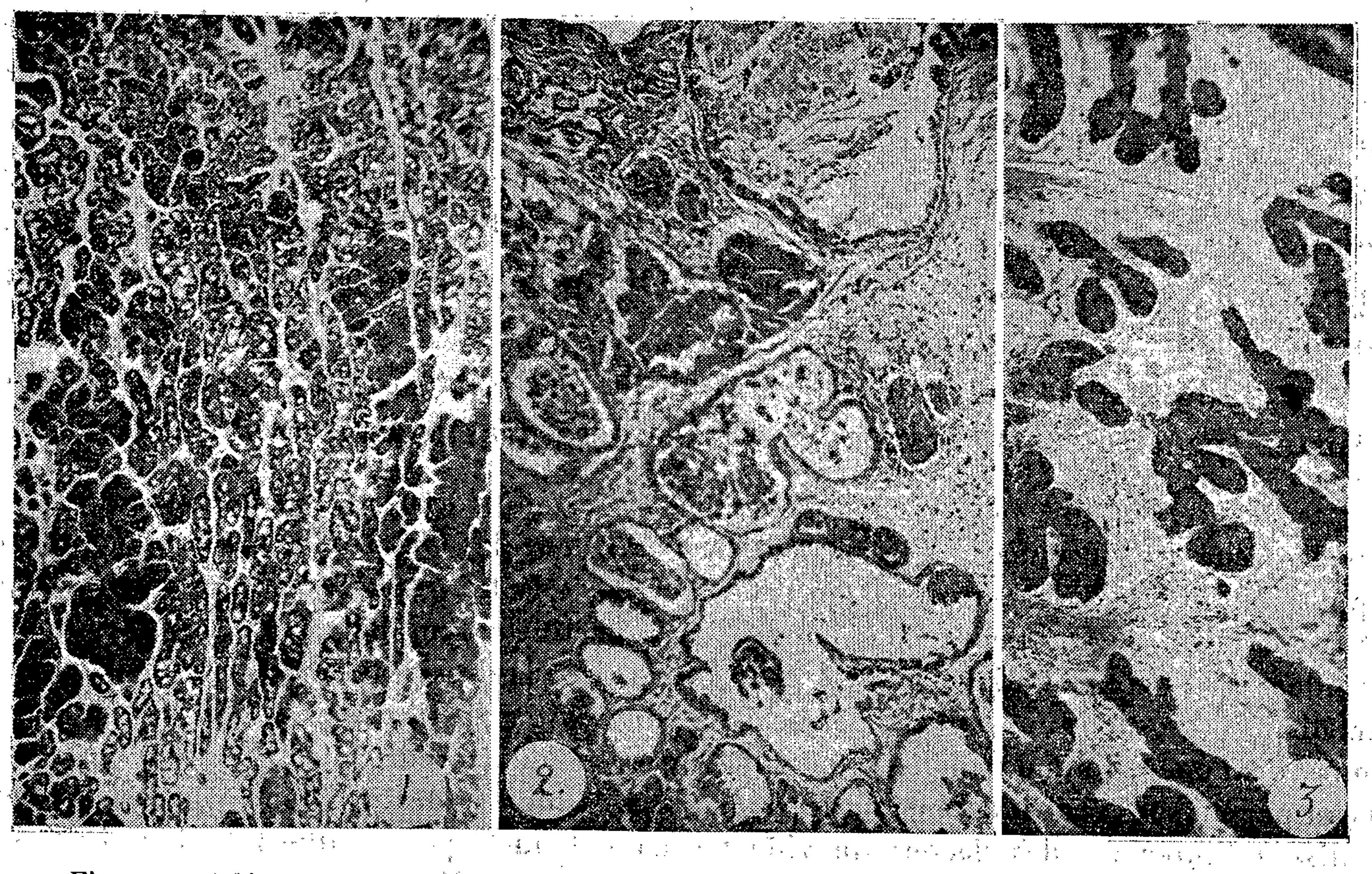


Fig. 1. — Adénocarcinome mam. non traité : cordons massifs des deux côtés de la coupe; *tubulation* partout ailleurs.
Fig. 2. — Adénocarcinome mamm. traité par l'acide ascorbique : cytolyse prononcée de cordons tumoraux, transformation progressive en tissu *dentellé*.
Fig. 3. — Adénocarcinome mam. non traité : cordons pleins, pas de cytolyse marquée, œdème du stroma.

non caractéristique se rencontre, à un certain degré, assez fréquemment dans les tumeurs non traitées. Beaucoup plus rarement elle prend dans ces tumeurs la forme de *tubulation* et de transformation *dentellée*.

Dans les tumeurs traitées, on trouve souvent une accentuation de cette cytolyse diffuse (extraits testiculaires, certaines vitamines, ac. pyruvique); les formes caractéristiques de *tubulation* et de transformation *dentellée* abondent dans les tumeurs traitées par pénicilline et certaines vitamines, surtout par l'acide ascorbique (vitamine C.). Du moment que les phénomènes de cytolyse n'exigent pas d'être précédés par la nécrose, les produits de la dissociation cytoplasmique qui en résultent sont probablement moins toxiques que ceux qui se forment au cours de la nécrose, et ceci explique la survie plus prolongée que nous avons observée dans certaines séries de nos animaux traités ([5]).

([5]) N. DOBROVOLSKAÏA-ZAVADSKAÏA, *C. R. Soc. de Biol.*, **137**, 1943, pp. 689-690; **139**, 1945, pp. 628-629 et pp. 592-593; *Bull. du cancer*, **33**, 1946, pp. 192-222.

IMMUNOLOGIE. — *Sur la stabilisation des antigènes claveleux et la préparation d'un vaccin mixte contre la clavelée et la fièvre charbonneuse.* Note de MM. **Louis P. Delpy** et **H. Mir Chamsy**, transmise par M. Gaston Ramon.

L'immunité anticlaveleuse ne peut être obtenue qu'en utilisant des antigènes vivants. Il est possible d'amener ces antigènes au degré de virulence convenable, mais jusqu'à présent, on n'a pu stabiliser cette virulence, ou plus exactement éviter une destruction rapide du virus, qu'en conservant les produits à basse température. Ainsi, les vaccins doivent être utilisés dans un très bref délai après leur distribution, ce qui, dans beaucoup de cas, constitue un très sérieux inconvénient.

La méthode qui va être décrite permet de préparer des vaccins claveleux qui résistent pendant plusieurs mois à des températures relativement élevées.

Le matériel liquide, parfaitement homogène et exempt de toute souillure microbienne, est desséché par sublimation en partant de l'état congelé. On peut utiliser pour cela les appareils qui ont été construits selon les principes de Folsdorf et Mudd (1) ou Strumia Max et Mc Graw (2). On peut plus simplement répartir la lymphe en flacons, la congeler rapidement en couche mince à — 10, — 15° et réaliser la dessiccation par sublimation avec un dispositif de fortune. Il est nécessaire, pour éviter la liquéfaction de la lymphe au cours de l'opération, de réaliser un vide de $0^{mm},5$ de mercure et d'absorber la vapeur d'eau par un sel ayant une tension de vapeur très faible. La dessiccation étant terminée, on réalise à l'intérieur des flacons un vide permanent aussi poussé que possible. Dans ces conditions les antigènes conservent intégralement leurs qualités initiales pendant au moins 6 mois, entre 15 et 30°C.

Disposant de vaccin claveleux stable, nous avons cherché à l'associer à un vaccin anticharbonneux également stable pour pouvoir réaliser, en une seule injection, l'immunisation des moutons contre la clavelée et le charbon.

L'antigène charbonneux est constitué par des spores de virulence atténuée (3) qui résistent parfaitement à la dessiccation. L'antigène claveleux est de la lymphe obtenue par la méthode de Borrel, en utilisant des souches de virulence convenable.

A une quantité de spores charbonneuses, lavées et centrifugées, représentant N doses vaccinales, on ajoute une quantité de lymphe claveleuse représentant le même nombre de doses. Pour uniformiser les opérations nous ajustons le volume à 2^{cm^3}, par addition de sérum normal. Le mélange est laissé 12 heures au frigorifique en agitant fréquemment afin de permettre la fixation du virus sur les spores. On répartit ensuite en flacons assez grands pour que le liquide puisse être congelé en couche mince, et pour qu'il soit possible, au moment de la vaccination d'introduire dans chaque flacon un volume d'eau correspondant à $0^{cm^3},2$ par dose. On procède ensuite à la congélation et à la dessiccation, selon la technique que nous avons indiquée.

---

(1) *J. Immunol.*, **29**, 1935, p. 289.
(2) *J. Lab. Clin. Med.*, **28**, n° **9**, 1943.
(3) L.-P. Delpy et M. Kaweh, *Bull. Acad. Vet. France,* **19**, 1946, p. 102.

Le vaccin desséché, conservé dans le vide entre 15 et 30 degrés, garde ses qualités antigéniques pendant au moins 6 mois et se remet instantanément en suspension dans l'eau froide. La présence des spores (environ 500 000 000 par centicube) permet une facile homogénéisation et assure un blocage temporaire du virus claveleux au point d'inoculation.

Contrairement à ce qui a été observé par Jezic ([4]), le vaccin claveleux mélangé au vaccin charbonneux ne perd pas ses propriétés immunisantes. Cette divergence peut s'expliquer par la différence des techniques mises en œuvre.

L'inoculation intra-cutanée de ce vaccin à la dose de $0^{cm^3},2$ détermine une réaction locale limitée qui évolue en 10 à 12 jours, sans complications. Du troisième au cinquième jour se produit une réaction thermique modérée et brève, provoquée par l'antigène charbonneux. Une réaction comparable, due à l'antigène claveleux, survient du cinquième au huitième jour. Les moutons vaccinés éprouvés après 12 jours tolèrent 3000 doses sûrement mortelles de *B. anthracis* et 100 doses réactionnelles de virus claveleux. Les témoins, divisés en deux séries, succombent à l'inoculation d'une DSM de *B. anthracis* ou présentent une pustule claveleuse typique au point d'injection d'une dose réactionnelle de claveau.

Enfin, pour immuniser les moutons de race particulièrement sensible; nous avons stabilisé des mélanges de virus et de sérum anticlaveleux, comparables à ceux qui ont été employés par Kolayli et Mavridès ([5]), Blanc et Martin ([6]) et Bridé et Martin ([7]). En faisant varier les proportions et les temps de contact, il est facile d'obtenir des complexes ayant le degré d'activité désirable. La dessiccation après congélation permet en quelque sorte de paralyser virus et sérum, jusqu'au moment où ils sont à nouveau remis en solution. Le vaccin doit alors, cela va sans dire, être utilisé sans délai.

Au cours de nos expériences nous avons constaté que pour obtenir une parfaite conservation du virus claveleux desséché, ce virus ne doit pas être préalablement dilué dans des solutions salines ou additionné de sels-tampons. Si des dilutions sont nécessaires, elles doivent être effectuées avec du sérum normal. Ceci confirme les observations qui ont été faites au sujet de la conservation d'autres virus par J. Verge et P. Goret ([8]).

A 15^h25^m l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16^h.

A. Lx.

([4]) *Yagoslav Vet. Glasnik.*, **14**, 1934, p. 600.
([5]) *Rec. Med. Vét.*, **110**, 1934, p. 669.
([6]) *Arch. Inst. Pasteur Maroc*, **1**, 1937, p. 721.
([7]) *Bull. Acad. Vét. France*, **12**, 1939, p. 291.
([8]) *Ann. Inst. Pasteur*, **67**, 1941, 367.

ADDENDUM.

(Séance du 21 avril 1947.)

Note de M. *Félix Ehrenhaft*, Le mouvement en hélice des particules dans un champ magnétique constant uniforme :

Page 1152, après la dernière ligne, *ajouter :*

Donc, dans le champ électrique, comme dans le champ magnétique et le champ de lumière, le mouvement général de la matière ayant six degrés de liberté se produit en hélice [3], aussi bien pour les corps sphériques (gouttelettes) que pour ceux qui ne le sont pas. Ces mouvements en hélice peuvent peut-être décrire les mouvements bien connus des comètes (Bredichin, 1903) où des hélices ont été observées, sous la plus faible pression possible, dans l'espace vide de matière. Le mouvement se renverse lorsqu'on renverse le champ. Si nous appelons un corps qui se déplace dans le champ électrique homogène et dont le mouvement se renverse avec le champ, corps chargé électriquement dans le sens de Maxwell (excès de charge), de la même manière nous devons appeler par définition, chargé magnétiquement nord ou sud un corps qui se meut dans le champ magnétique homogène et dont le mouvement se renverse avec le champ. Il est à noter que H. Hertz avait prédit clairement l'existence des pôles magnétiques séparés et que P. Curie l'avait cherchée. L'explication précédente est celle de l'auteur. Peut-être quelqu'un d'autre en trouvera-t-il une meilleure.

---

(3) F. Ehrenhaft, *Comptes rendus*, 222, 1946, pp. 1100 et 1345.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 21 JUILLET 1947.

PRÉSIDENCE DE M. Louis BLARINGHEM.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

ASTRONOMIE. — *Sur l'impossibilité de transformations en satellites de la Terre, de projectiles issus de points terrestres.* Note de M. **Ernest Esclangon.**

Il a été annoncé récemment qu'un nouvel explosif découvert aux États-Unis rendait possible le lancement de projectiles avec de telles vitesses que ceux-ci pourraient devenir satellites permanents de la Terre.

Si la Terre, supposée sphérique, était privée d'atmosphère, il est immédiatement visible que de telles circonstances seraient impossibles. Un projectile, lancé d'un point terrestre, ou bien s'éloignerait indéfiniment, ou bien, décrivant une ellipse, heurterait nécessairement le sol avant son retour au point de départ, sauf dans le cas particulier où la projection serait horizontale, la vitesse comprise entre 8 et 11 km/s (11 et $11/\sqrt{2}$).

La présence de l'atmosphère, si l'on suppose la résistance de l'air directement opposée à la vitesse du projectile, ne fait qu'accentuer cette impossibilité, ainsi qu'il est facile de le voir.

Considérons, en effet, tout d'abord, le mouvement képlérien d'un point matériel attiré par l'origine des coordonnées O (centre de la Terre) suivant une force newtonienne. Si M est un point quelconque de la trajectoire, v la vitesse en M, r le rayon vecteur OM, φ l'angle de ce vecteur avec la vitesse v, μ le coefficient d'attraction du point O, l'excentricité e de la courbe et la distance périgée p sont données par

$$(1)\quad e = +\frac{r}{\mu}\sqrt{\left(\frac{\mu}{r} - v^2\sin^2\varphi\right)^2 + v^4\sin^2\varphi\cos^2\varphi} = +\frac{r}{\mu}\sqrt{\left(\frac{\mu}{r} - v^2\right)^2 + v^2\cos^2\varphi\left(\frac{2\mu}{r} - v^2\right)},$$

$$(2)\quad p = \frac{\mu(1-e)}{\frac{2\mu}{r} - v^2}.$$

Soit maintenant un projectile issu du sol, traversant l'atmosphère, soumis à l'attraction terrestre et à la résistance de l'air, *opposée à la vitesse*.

Dans le plan de la trajectoire, les équations du mouvement peuvent s'écrire

$$(3)\qquad \frac{d^2x}{dt^2} + \mu\frac{x}{r^3} + \lambda\frac{dx}{dt} = 0, \qquad \frac{d^2y}{dt^2} + \mu\frac{y}{r^3} + \lambda\frac{dy}{dt} = 0,$$

λ *étant une quantité positive*, caractérisant la résistance du milieu. De ces équations, on déduit immédiatement

$$\frac{dv^2}{dt} = -\frac{2\mu}{r^2} v \cos\varphi - 2\lambda v^2, \qquad \frac{d}{dt}\left(\frac{2\mu}{r} - v^2\right) = 2\lambda v^2, \tag{4}$$

$$\frac{d}{dt}\left(\frac{\mu}{r} - v^2\right) = \frac{\mu v \cos\varphi}{r^2} + 2\lambda v^2, \qquad \frac{d\varphi}{dt} = \frac{\sin\mu}{vr}\left(\frac{\mu}{r} - v^2\right). \tag{5}$$

D'autre part, si l'on imagine un mobile M′ coïncidant avec M à l'instant t, animé à ce moment de la même vitesse v que M, mais non soumis à la résistance de l'air, ce mobile décrira une trajectoire keplérienne (trajectoire osculatrice) dont la distance périgée p et l'excentricité e sont données par (1) et (2) et variables avec t. A l'instant initial, p est nécessairement inférieur, au plus égal au rayon terrestre.

En dehors de l'atmosphère, la trajectoire osculatrice coïncide avec la trajectoire du projectile.

Envisageons la variation de p sur la trajectoire. On obtient par les formules (2), (4), (5)

$$\frac{de}{dt} = \frac{2\lambda v^2 r^2 \sin^2\varphi}{\mu^2 e}\left(\frac{\mu}{r} - v^2\right), \tag{6}$$

$$\frac{dp}{dt} = \frac{2\lambda v^2}{e\left(\frac{2\mu}{r} - v^2\right)^2}\left[\mu(1-e) - r\sin^2\varphi\left(\frac{2\mu}{r} - v^2\right)\right], \tag{7}$$

que l'on peut écrire aussi

$$\frac{dp}{dt} = -\frac{2\lambda v^2 r^2}{e}\,\frac{\sin^2\varphi\cos^2\varphi}{\left[\mu(1+e) - r\sin^2\varphi\left(\frac{2\mu}{r} - v^2\right)\right]}. \tag{8}$$

L'étude de la fonction de r, v, φ, représentant dp/dt, montre que celle-ci est toujours négative ([1]), au plus égale à zéro. Le long de la trajectoire, p va donc en décroissant (effet de résistance de milieu), restant ainsi inférieur à sa valeur initiale, elle-même inférieure, au plus égale, au rayon terrestre. Le projectile ne peut donc que : soit retomber sur la Terre, soit s'en éloigner indéfiniment.

La Terre est, non pas sphérique, mais ellipsoïdale. Ce caractère n'est pas de nature à modifier beaucoup les conclusions. Peut-être (par exemple dans un plan méridien) pourrait-on lancer des projectiles faisant plusieurs fois le tour de la Terre, en finissant par tomber sur elle.

([1]) En effet, d'après (7) et (8), les expressions

$$\left[\mu(1-e) - r\sin^2\varphi\left(\frac{2\mu}{r} - v^2\right)\right] \quad \text{et} \quad \left[-\mu(1+e) + r\sin^2\varphi\left(\frac{2\mu}{r} - v^2\right)\right]$$

sont de même signe. Ce signe est celui de leur somme, c'est-à-dire de $-2\mu e$: donc le signe *moins*.

Des possibilités de transformations en satellites ne pourraient provenir que de projectiles de forme spéciale, déviant la résistance de l'air, ou de mobiles, comportant au moins sur un certain parcours, des moyens propres de propulsion.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Le principe de l'inertie de l'énergie et la notion d'énergie potentielle.* Note de M. **Louis de Broglie**.

Tandis que la Dynamique classique laissait indéterminée une constante additive dans l'expression de l'énergie pour un corpuscule ou un système, la Dynamique relativiste et le principe de l'inertie de l'énergie donnent la valeur absolue (c'est-à-dire sans constante additive arbitraire) de cette énergie. Pour un point matériel de masse propre m_0 et de vitesse βc, l'énergie totale est $m_0 c^2/\sqrt{1-\beta^2} = mc^2$, m étant la masse du corpuscule en mouvement. Pour un système de corpuscules de masses propre $m_{10}, m_{20}, \ldots$, on a de même la masse totale

$$M = \frac{W}{c^2} = \sum_i m_i + \frac{V}{c^2},$$

les m_i étant les masses en mouvement des corpuscules $(m_i = m_{0i}/\sqrt{1-\beta_i^2})$ et V étant l'énergie potentielle d'interaction entre les corpuscules.

Comme la masse totale d'un système, grandeur qui est mesurable expérimentalement, doit avoir une valeur bien déterminée, il faut que l'énergie potentielle V ait aussi une valeur bien définie.

Pour préciser, considérons un système simple formé de deux corpuscules de masses propres m_{01} et m_{02} et de charges électriques e_1 et e_2. L'énergie potentielle due aux interactions électrostatiques est $V = e_1 e_2/r_{12}$. On admet habituellement que V n'est définie qu'à une constante additive près, et il est en effet évident que, si l'on veut seulement calculer le mouvement du système, on peut ajouter à V une constante arbitraire puisque ce mouvement dépend seulement du gradient de V. Mais la masse totale du système $m_1 + m_2 + e_1 e_2/c^2 r_{12}$ donnée par le principe de l'inertie de l'énergie doit avoir une valeur déterminée et doit d'ailleurs se réduire à $m_1 + m_2$ quand les deux corpuscules sont extrêmement éloignés. L'énergie potentielle est donc $e_1 e_2/r_{12}$ *sans constante arbitraire*. Ceci semble aussi indiquer que le potentiel scalaire électrostatique a une valeur bien définie et, s'il en est ainsi pour le potentiel scalaire, il doit en être de même pour le potentiel vecteur qui forme, du point de vue relativiste, avec le potentiel scalaire une entité mathématique unique.

Un autre point important dans l'application aux systèmes du principe de l'inertie de l'énergie est le fait que l'énergie potentielle est toujours *indivise* entre tous les constituants du système et ne peut jamais être attribuée à l'un seulement de ces constituants. Considérons, par exemple, un électron intra-

atomique et supposons que son énergie potentielle, négative dans le champ créé par le noyau, soit de l'ordre de 10^5 eV, ce qui est le cas pour les électrons internes des atomes lourds. Si l'on attribuait cette énergie potentielle à l'électron seul en faisant abstraction du reste de l'atome, le principe de l'inertie de l'énergie conduirait à donner à l'électron dans le champ du noyau une masse propre égale à la masse propre normale m_0 diminuée de 10^5 eV. Une telle masse propre ne serait qu'environ les 4/5 de m_0, et ceci changerait entièrement, d'une façon inadmissible et contraire à l'expérience, les calculs relatifs aux mouvements des électrons intraatomiques. En réalité, c'est la masse de l'ensemble de l'atome, dont la partie prépondérante est la masse du noyau, qui se trouve très légèrement diminuée par suite de l'existence d'une énergie potentielle négative de liaison de l'électron dans l'atome.

On trouve une illustration des considérations précédentes dans le problème du canon à électrons, si important dans tant de techniques et notamment en optique électronique. Nous le schématiserons en envisageant un condensateur dont les armatures sont séparées par du vide, l'une des armatures étant perforée de trous (grille). Une tension constante V_0 est appliquée entre les armatures. De l'armature négative (qu'on peut supposer portée à l'incandescence) sortent sans vitesse appréciable des électrons de charge $-e$ qui sont entraînés vers l'autre armature par le champ du condensateur, puis s'échappent à travers les trous et s'éloignent finalement hors du condensateur avec une vitesse βc. Une fois émis, chaque électron possède l'énergie $m_0c^2/\sqrt{1-\beta^2} = m_0c^2 + eV_0$. Il a donc acquis l'énergie eV_0 qui, bien entendu, est fournie par l'électromoteur qui maintient constante la tension entre les armatures du condensateur.

Nous pourrions être tentés de raisonner comme il suit : si nous prenions comme origine des potentiels celui de l'armature négative, comme l'énergie des électrons doit rester constante pendant la traversée du champ dans le condensateur, elle aura encore à la sortie du condensateur sa valeur initiale m_0c^2 qui est égale à $m_0c^2/\sqrt{1-\beta_2} - eV_0$.

De cette conclusion, on tirerait des conséquences physiquement inadmissibles et contraires à l'invariance relativiste en ce qui concerne la propagation de l'onde associée à l'électron émis (¹). Mais, sans insister sur ce point, nous pouvons considérer comme physiquement évident que l'électron, une fois éloigné du condensateur, est un électron libre dont l'énergie est non pas m_0c^2, mais bien $m_0c^2/\sqrt{1-\beta^2}$. Cependant il peut sembler que la valeur m_0c^2 résulte d'une étude correcte du mouvement de l'électron dans le champ conservatif du condensateur.

Les considérations développées plus haut nous indiquent comment sortir de cette difficulté. En réalité, on a ici affaire à un système comprenant l'électron

(¹) Mon attention a été attirée sur ce point par M. Paul Chanson, et c'est l'examen de cette question qui a été à l'origine de la présente Note.

qui s'échappe et l'ensemble des charges portées par les armatures du condensateur. Pendant le passage de l'électron dans le condensateur, il existe entre lui et les charges une énergie potentielle d'interaction, mais cette énergie appartient en indivision à tout le système et ne peut être uniquement attribuée à l'électron. Quand l'électron s'est évadé du condensateur, son énergie a augmenté de eV_0 et celle des charges du condensateur aurait diminué d'autant si la pile n'avait pas rechargé le condensateur. Décrire ce phénomène en ne considérant que l'électron dans le champ conservatif du condensateur et en disant que l'augmentation de son énergie cinétique est compensée par la diminution $-eV_0$ de son énergie potentielle, de sorte que son énergie totale garde constamment sa valeur initiale m_0c^2, c'est donner une description fictive, car c'est oublier l'existence des charges qui produisent le champ dans le condensateur et c'est attribuer au seul électron une énergie potentielle qui est indivise entre ces charges et lui. Il est d'ailleurs physiquement évident que quand l'électron s'est éloigné du condensateur, le potentiel créé là où il se trouve par les charges du condensateur est nul.

Dans le même ordre d'idées notons enfin que, si dans un espace où ne règne aucun champ électromagnétique, on pouvait attribuer au potentiel vecteur $\vec{A}$ une valeur constante arbitraire $\vec{A}_0$, la longueur d'onde associée au mouvement d'un électron libre dans la direction ox serait

$$\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{mv - \frac{e}{c}A_{ox}}.$$

Cette valeur dépendrait de la constante arbitraire A_{ox}, ce qui est inadmissible. L'expérience exige que l'on pose $A_{ox} = 0$, et ceci montre que le potentiel vecteur a une valeur bien déterminé (ici égale à 0).

Nous pensons que les réflexions développées plus haut mettent en évidence le caractère un peu artificiel de la Dynamique relativiste de l'electron dans un champ électromagnétique donné telle qu'on l'expose usuellement.

SPECTROSCOPIE. — *Application à des molécules intéressantes de l'analyse nouvelle des spectres moléculaires. Étude des composés du silicium.* Note (¹) de M. **Henri Deslandres**.

La Note précédente (²) était consacrée aux molécules de l'écorce terrestre et en particulier à la molécule SiO_2, la plus stable et la plus importante de l'écorce. La Note actuelle en est la continuation.

Les quatre lois simples des fréquences moléculaires, annoncées entre 1930

(¹) Séance du 16 juillet 1947.

(²) *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 1245.

et 1938, sont probablement générales. Je montrerai qu'elles s'appliquent non seulement aux molécules de l'écorce, mais aux molécules du silicium découvertes dans le laboratoire.

Je présenterai d'abord la molécule simple SiH_4. Les 5 nombres d'électrons des 5 sous-anneaux successifs du silicium à partir de l'extérieur sont 2, 4, 10, 12, 14. Le nombre s' 4 est commun aux deux parties Si et H_4; mais il faut aussi considérer les divisions $SiH_3.H$ de 17 et 1 électrons, $SiH_2.H_2$ de 16 et 2 électrons, $SiH.H_3$ de 15 et 3 électrons. L'analyse des fréquences Raman ν 812 et 983, émises par la molécule, confirme ces divisions.

Si H₄.

ν 812 = $12d_1/17$		(812,5)	−0,5	17 de $SiH_3.H$
= $110d_1/144$	ou 16 × 9	(811,6)	+0,4	16 de $SiH_2.H_2$
= $103d_1/135$	ou 15 × 9			15 de SiH et 9 de H_3
= $55d_1/72$	ou 12 × 6	(811,6)	+0,4	12 de Si et de H_4
= $107d_1/140$	ou 14 × 10	(811,4)	+0,6	14 et 10 de Si et 12 de H_4
ν 983 = $27d_1/40$	ou 10 × 4	(982,8)	+0,2	4 et 10 de Si, 4 de H_4
= $100d_1/119$	ou 17 × 7	(982,1)	+0,9	17 de $SiH_3.H$
= $74d_1/80$	ou 16 × 5	(982,8)	+0,2	16 de $SiH_2.H_2$
= $111d_1/120$	ou 15 × 8	(982,8)	+0,2	15 de $SiH.H_3$

Si Cl₄. Les ν sont 30, 200, 267, 271, 363, 549, 631, 962. Les trois parties $Si.Cl_2.Cl_2$ ont en commun les nombres s' d'électrons 10.10.10 et 14.14.14. On a aussi la division $SiCl.Cl_2$ avec les deux nombres s' SiCl 10 + 5 ou 15 et Cl_3 aussi 15.

ν 30 = $2d_1/70$	ou 7 × 10 ou 14 × 5	(30,26)	−0,36	s' 10 et 14
$3d_1/105$	ou 7 × 15	(30,36)	−0,36	s' 15
ν 200 = $17d_1/90$	ou 9 × 10 ou 15 × 6	(200,7)	−0,7	s' 10 et 15
$21d_1/112$	ou 14 × 8	(199,2)	+0,8	s' 14
ν 267 = $d_1/4$		(265,6)	+1,4	s' 4
$5d_1/20$	ou 10 × 2		+1,4	s' 10
$7d_1/28$	ou 14 × 2		+1,4	s' 14
ν 271 = $23d_1/90$	ou 9 × 10 ou 6 × 15	(271,5)	−0,5	s' 10 et 15
$25d_1/98$	ou 14 × 7	(271,04)	−0,4	s' 14
ν 363 = $24d_1/70$	ou 10 × 7 ou 14 × 5	(364,3)	−1,3	s' 10 et 14
= $41d_1/120$	ou 10 × 12 ou 15 × 8	(363)	+0,0	s' 10, 12 et 15
= $43d_1/126$	ou 14 × 9	(362,6)	+0,4	s' 14
ν 549 = $31d_1/60$	ou 10 × 6 ou 15 × 4	(549)	+0,0	s' 10 et 15
ν 962 = $19d_1/21$	ou 7 × 3	(961,3)	+0,7	s' 14
= $66d_1/75$	ou 15 × 5	(963,3)	−1,3	s' 15

Vernadsky, dans sa géochimie, cite les quatre molécules suivantes de l'écorce: *Le Topaze* $(AlF)_2SiO_4$ ou $(AlF)_2.SiO_2.O_2$.

Les sous-anneaux successifs de Al sont 1, 3, 9, 11, 13 et de F 5, 7 et 9. Le nombre 9 leur est commun.

Les sous-anneaux de Si sont 2, 4, 10, 12, 14 et de O_2 8, 12, 16. Le nombre s' 12

leur est commun, les fréquences émises par la molécule étant ν 79, 103, 501, 1130.

ν 79	$= 8d_1/108$	ou 12×9	(78,7)	+0,3
ν 103	$= 7d_1/72$	ou 9×8 ou 12×6	(103,3)	−0,3
ν 501	$= 17d_1/36$	ou 9×4 ou 12×3	(501,7)	−0,7
	$= 33d_1/70$	ou 14×5	(500,9)	+0,1
	$= 68d_1/144$	ou 16×9	(501,7)	−0,7
	$= 49d_1/104$	ou 13×8	(504,6)	+0,4
ν 1130	$= 17d_1/16$	ou 8×2	(1128,9)	+1,1
	$= 67d_1/63$	ou 9×7	(1130)	+0,0
	$= 134d_1/126$	ou 14×9	(1130)	+0,0

Le Beryll. $Be_3Al_2Si_6O_{18}$ ou $Be_3.Al_2O_3.Si_6O_{12}$, les fréquences émises étant ν 203, 501, 1130.

Les nombres s' communs à ces trois molécules sont surtout des multiples de 6 et de 10.

ν 203	$= 8d_1/42$	ou 6×7 ou 3×14	(202,4)	+0,6
ν 501	$= 11d_1/36$	ou 6×6	(501,7)	−0,7
	$= 33d_1/70$	ou 5×14 ou 10×7	(500,9)	+0,1
ν 1130	$= 51d_1/48$	ou 12×4 ou 6×8	(1130)	0,0
	$= 117d_1/110$	ou 10×11	(1130,1)	−0,1

Ester. $Si(OCH_2)_4$ Si 2, 4, 10, 12, 14 et OCH_2 8, 12, 14, 16 : les s' communs étant 12 et 14, et les fréquences émises étant ν 607 et 634

ν 607	$= 4d_1/7$		(607,1)	−0,1
	$= 48d_1/84$	ou 12×7	(607,1)	−0,1
	$= 56d_1/98$	ou 14×7	(607,1)	−0,1
ν 634	$= 43d_1/72$	ou 6×12	(634,58)	−0,58
	$= 59d_1/99$	ou 11×9	(633,21)	+0,79
	$= 82d_1/104$	ou 13×8	(633,4)	+0,6
	$= 71d_1/119$	ou 7×17	(633,93)	+0,07

L'analyse montre que, pour certaines radiations, la molécule est ionisée à l'intérieur, les nombres 11 et 13 correspondant à 12^+ ou 12^-.

Si H_2Fe. Avec les nombres s' d'électrons 14 et 16 de SiH_2 et aussi de Fe dont les sous-anneaux successifs d'électrons sont 2, 8, 14, 16, 22, 24, 26, ou encore avec les nombres 10 et 10, de Si 10 et $H_2Fe(2+8)$.

Les fréquences émises sont ν 606 et 861.

ν 606	$= 8d_1/14$		(607,1)	−1,1
	$= 73d_1/128$	ou 16×8	(605,96)	+0,04
ν 869	$= 34d_1/42$	on 14×3	(861,47)	−0,47
	$= 81d_1/100$	ou 10×10	(860,6)	+0,4

Le Diaspore. $H_2Al_2O_4$ ou $H_2O.Al_2O_3$.

L'Hydrargillite. $Al_2(HO)_6$ ou $Al_2O_3(H_2O)_3$.

La Sillimanite. Al_2SiO_5 ou Al_2O_3, SiO_2.

J'ajoute deux molécules non rattachées spécialement à l'écorce, mais très intéressantes.

Le trichloronitrométhane. — Gabriel Bertrand a annoncé que ce composé ajouté au lait, arrête sa décomposition et le conserve intact pendant des semaines et même des mois, sans être lui-même nuisible. Sa formule chimique est simple : $Cl_3.C.NO_2$, Cl_3 ayant à ses premiers sous-anneaux 15 électrons et NO_2 3 + 8 ou 11 électrons; le carbone, qui est entre les deux groupes précédents, est activé davantage, et ses deux premiers sous-anneaux, soit 4 électrons, interviennent. Or 11 + 4 électrons font 15 électrons. La molécule est ainsi divisée en deux parties de 15 électrons et doit être stable.

Le glutathion est un polypepdite important; car il joue un grand rôle dans les phénomènes d'oxydation tissulaires. Considéré d'abord comme un composé d'acide glutamique et d'un acide aminé soufré, la cystéine, il a été complété finalement par l'adjonction du glycocolle. Sa composition chimique est maintenant bien déterminée; il est formé par les trois molécules précédentes. Je considère les premiers sous-anneaux de ses atomes. L'acide glutamique comprend les atomes $CO.CH_2.CH_2.(CH.NH_2).COOH$. Or les premiers sous-anneaux de COOH ont 11 électrons, et ceux du restant de la molécule 22 électrons. La molécule entière a dans ses premiers sous-anneaux trois fois 11 électrons.

La cystéine offre deux parties $CH_2.CH.NH$ et SHCO qui ont chacune dans leurs sous-anneaux 11 électrons.

Le glycocolle comprend deux parties $NH.CH_2$ et COOH dont les premiers sous-anneaux ont 8 et 11 électrons.

Finalement le glutathion, dans le premier sous-anneau de ses atomes, offre la succession de six groupes de 11 électrons et d'un groupe de 8 électrons, et il est regrettable que son spectre Raman, qui, à ma connaissance n'est pas encore mesuré, n'ait pas apporté les renseignements de son analyse [3].

Finalement cette Note est la dernière de la longue série de Notes qui, depuis 1929, sont consacrées aux relations simples qui unissent la composition chimique exacte de la molécule à son spectre Raman et qui ont conduit aux quatre lois des fréquences moléculaires. La troisième loi qui annonce la division de la molécule en parties qui ont les mêmes fréquences, est importante et il est bon d'ajouter le nombre de ces parties à la formule chimique de la molécule [4].

L'étude des molécules est actuellement abandonnée parce que les données

---

(3) A ma connaissance, le spectre Raman des 4 molécules qui, dans cette Note, précèdent la glutathion, n'est pas encore mesuré.

(4) Je rappelle que, à mes débuts, j'ai étudié d'autres propriétés des molécules. J'ai étudié leurs spectres de bandes, très riches en fréquences. J'ai annoncé que l'ensemble de leurs fréquences peut être représenté par une fonction relativement simple de trois paramètres variables. Les résultats sont exposés et discutés longuement dans un livre publié par un physicien suédois décédé.

expérimentales sont trop souvent insuffisantes. Mais leur étude sera reprise lorsque les fréquences Raman seront mesurées avec une précision plus grande, et lorsque l'étude chimique des protides et protéides aura fait des progrès notables.

MÉTÉOROLOGIE. — *Démonstration biologique de la présence du magnésium et du potassium dans l'eau de pluie.* Note de M. **Gabriel Bertrand.**

La recherche et le dosage par voie chimique du magnésium et surtout du potassium dans l'eau de pluie sont entourés d'assez grandes difficultés (1). En m'appuyant sur le fait bien établi que les plantes ne peuvent absolument pas se passer de ces métaux pour se développer, j'ai tenté de trouver une démonstration biologique de leur présence dans l'eau de pluie de la région parisienne qui n'en contient que de très minimes proportions.

De l'eau de pluie a été recueillie sur une terrasse de l'Institut Pasteur à l'aide d'un entonnoir en quartz fondu, reposant sur un matras cylindro-conique, également en quartz fondu. Après éclaircissement du liquide par le repos, plusieurs fractions d'une dizaine de centimètres cubes furent décantées directement dans autant de tubes à essais en quartz fondu; l'ouverture de ceux-ci fut ensuite garnie d'un tampon d'ouate et d'un capuchon de papier à filtre. En même temps que les tubes de cette série P, fut constituée une série D de tubes en tout semblables aux précédents, mais avec de l'eau pure, redistillée sous vide dans un appareil de verre, au lieu d'eau de pluie. A l'aide d'un fil de platine, chacun des tubes fut alors ensemencé avec une particule d'algues vertes microscopiques, obtenues spontanément au cours d'expériences antérieures.

Tout le matériel employé avait été nettoyé avec le plus grand soin à l'acide chlorhydrique tiède, à l'acide nitrique bouillant, puis à l'eau pure; enfin, séché à l'abri des poussières, après enveloppage dans du papier à filtre Berzélius.

Des tubes ainsi préparés furent placés sur une table de laboratoire à la lumière diffuse, d'autres près d'une fenêtre où ils pouvaient recevoir la lumière vive du soleil durant l'après-midi.

Les tubes ont été observés pendant une année, durant laquelle on a remplacé toutes les six semaines à deux mois le liquide (environ 2 à 3^{cm^3}) qui s'était évaporé.

Dans les tubes P, les algues ont donné des cultures du volume d'une tête d'épingle après quelques semaines et se sont développées assez dans les mois suivants pour former au fond des tubes, après agitation et dépôt, une petite masse lenticulaire atteignant environ un demi-centimètre de diamètre.

Dans les tubes D, où l'ensemencement avait cependant été renouvelé une ou

(1) *Comptes rendus*, **220**, 1945, p. 865 et (Mémoire) *Ann. agronom.*, **15**, 1945, p. 432 ou *Ann. Inst. Past.*, **72**, 1946, p. 621.

deux fois, il n'y a jamais eu de développement des particules d'algues introduites. Ces particules ne se retrouvaient même plus que réduites et complètement décolorées.

Avant de tirer d'un résultat aussi net la conclusion qui paraissait s'imposer, je me suis demandé si l'eau des tubes D, employée comme eau pure, ne renfermait pas quelque substance antibiotique en quantité suffisante pour empoisonner les germes ensemencés, ou s'il ne s'agissait vraiment que de l'absence de substances nutritives dans cette eau distillée.

J'ai recommencé de nouveaux essais en ajoutant aux séries des tubes P et D une troisième série C, formée de tubes de quartz contenant la même eau pure que ceux de la série D, mais à laquelle j'ai ajouté une très petite quantité de cendres de levure, d'un ordre de grandeur voisin de celui des substances dissoutes dans l'eau de pluie ([2]).

J'ai pu observer alors qu'un seul ensemencement suffisait pour donner des colonies aussi bien dans les tubes C que dans les tubes P, tandis qu'il n'y avait toujours aucune culture dans les tubes D. Après quelques tâtonnements quant à la quantité de cendres de levure ajoutée, les cultures étaient très voisines d'aspect et de dimension dans les séries P et C. Ce n'est donc pas à la présence d'une substance antibiotique dans l'eau de pluie employée qu'est due l'absence de développement des algues ensemencées; c'est au défaut des substances nutritives et notamment du magnésium et du potassium, dont, par suite, l'existence dans l'eau de pluie est rendue évidente.

Ayant entrevu, d'après ces essais, la possibilité de réaliser, grâce au matériel dont je disposais, une expérience fournissant une récolte assez importante pour permettre la détermination qualitative et, probablement même, quantitative du magnésium et du potassium qui devaient s'y trouver, j'ai préparé trois séries de matras cylindroconiques de quartz fondu de 750^{cm^3} de capacité, composées de la manière suivante :

1° Une série MP de trois matras contenant chacun, dans sa portion cylindrique, 275^{cm^3} d'eau de pluie;

2° Une série MD de trois matras semblables aux précédents, mais enfermant de l'eau pure au lieu d'eau de pluie;

3° Une série MC aussi de trois matras, garnis d'eau pure, mais dans chacun desquels ont été ajoutées les cendres de 100^{mg} de levure sèche.

Les neuf matras ont été ensemencés, munis d'un tampon d'ouate et d'un capuchon de papier, puis exposés à la lumière au voisinage d'une fenêtre dont on ne les éloignait que lorsque la lumière du soleil était trop vive.

Les premiers jours on n'a pas aperçu de développement des particules végétales ensemencées : celles-ci restaient flottantes ou comme suspendues sous la surface du liquide et l'on éprouvait quelque peine à les retrouver, à cause de

---

([2]) Voir, pour plus de détails, le Mémoire qui doit paraître ultérieurement.

leurs faibles dimensions. Mais, un peu plus tard, il s'est formé autour de chacune d'elles, dans les matras MP et MC, un très léger voile de couleur verte, perceptible quand on regardait presque horizontalement la surface du liquide. Dès lors, les progrès des cultures dans l'eau de pluie et dans l'eau distillée additionnée de cendres de levure sont devenus plus vite manifestes : les voiles ont gagné toute la surface, se sont épaissis au point d'être immédiatement reconnaissables, quelques colonies ont en outre gagné la paroi verticale et le fond des matras. Peu à peu la masse de matière végétale a continué d'augmenter.

Dans les matras à eau distillée pure rien autre chose, au contraire, que la dégénérescence des cellules ensemencées, comme dans les tubes D, n'a été observable.

L'eau évaporée a été remplacée de temps en temps, tous les six mois à un an par une quantité correspondante de liquide de la même nature que celle des matras. On s'est guidé, pour les nouvelles additions de cendres de levure dans les matras MC, sur l'aspect que les cultures avaient dans ces derniers par rapport à celles des matras à eau de pluie, n'ajoutant que les quantités qui paraissaient nécessaires pour obtenir, au moins approximativement, des récoltes égales dans les deux séries.

Lorsque l'état de développement des cultures a été jugé suffisant, après un peu plus de cinq années, le contenu des trois matras de chaque série a été filtré à travers une double rondelle de papier Berzélius, en utilisant, à plusieurs reprises, une partie du liquide filtré pour entraîner le contenu solide des matras; on a lavé rapidement celui-ci par déplacement du liquide de culture interposé avec quelques centimètres cubes d'eau pure. La rondelle portant la récolte a été séparée de la sous-jacente, essorée sur du papier Berzélius, séchée à l'étuve électrique à $+105°$ et pesée, en se servant d'un tube à bouchage de verre.

Les poids des récoltes ainsi obtenus ont été les suivants :

Matras MP (eau de pluie)	$0^g,358$
» MD (eau distillée)	$< 0^g,001$
» MC (solution de cendres)	$0^g,303$

La récolte des matras MP a été ensuite analysée, suivant la méthode et avec les précautions décrites antérieurement pour les résidus des eaux de pluie, ce qui a donné

Cendres : $0^g,0106$, Magnésium : $0^g,00029$ Potassium : $0^g,00103$.

Ces résultats démontrent, d'une manière nouvelle et aussi rigoureuse que possible, la présence de sels de magnésium et de potassium dans l'eau de pluie. Ils apportent, en outre, la preuve que, même à la très faible concentration à laquelle existent les substances dissoutes dans l'eau de pluie de la région parisienne, ces substances sont aptes à concourir au développement de la matière végétale.

M. **Gaston Ramon**, au nom de M. **Paul Remlinger**, fait hommage à l'Académie de l'Ouvrage que celui-ci vient de publier en collaboration avec M. Jacques Bailly, sous le titre *La Rage. Études cliniques, expérimentales et immunologiques.*

Ce volume est le résumé de travaux sur la Rage, poursuivis depuis plus de quarante ans. Les auteurs y étudient d'abord la rage clinique chez l'Homme et chez les animaux, la rage expérimentale dans la série animale, la rage dans les différents pays. Ils consacrent ensuite plusieurs chapitres au virus rabique, à l'hérédité de la rage et de l'immunité et aux méthodes de traitements antirabiques, rappelant les accidents paralytiques et autres du traitement et montrant l'inefficacité de la pilocarpine, de l'urotropine, de la pénicilline, etc., et abordant l'étude de la vaccination antirabique des animaux domestiques au moyen du virus inactivé dans sa virulence par des agents chimiques, ils en font connaître les heureux résultats. Ils terminent en souhaitant qu'ait lieu une nouvelle conférence internationale de la rage pour résoudre un certain nombre de problèmes que n'a pas résolus la réunion de Bucarest (1938).

DÉSIGNATIONS.

L'**Académie d'Agriculture de France** invite l'Académie à désigner un de ses membres pour faire partie d'un Comité d'étude, en vue de préparer la formation d'une **Union Nationale des Sciences agronomiques**, susceptible de prendre rang dans une Union internationale rattachée au Conseil international des Unions scientifiques de l'UNESCO.

M. **Gabriel Bertrand** est désigné.

L'**Association française pour l'avancement des sciences** invite l'Académie à se faire représenter à son soixante-sixième Congrès, qui aura lieu à Biarritz, du 18 au 23 septembre 1947.

MM. **Ernest Esclangon**, **Luc Picart** et **Louis Fage** sont désignés.

M. **Louis Blaringhem** est délégué aux Cérémonies qui auront lieu à Paris, en octobre 1947, à l'occasion du centième anniversaire de la fondation de l'**École française d'Athènes**. M. **Charles Picard**, de l'Académie des Inscriptions et Belles-Lettres, représentera l'Académie, à Athènes, en septembre, à la commémoration de ce Centenaire.

ÉLECTIONS.

Par la majorité absolue des suffrages, M. **Denis Brocq-Rousseu** est élu Correspondant pour la Section d'Économie rurale, en remplacement de Sir *John Russell*, élu Associé étranger.

CORRESPONDANCE.

M. le **Ministre de l'Éducation Nationale** invite l'Académie à lui présenter une liste de candidats au poste de Directeur de l'Observatoire de Bordeaux.

(Renvoi à la Division des sciences mathématiques.)

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° P. Drumaux. *La répartition macroscopique des nébuleuses extra-galactiques. — La récession des nébuleuses extra-galactiques et leur répartition macroscopique*, extrait des *Annales de la Société scientifique de Bruxelles.*

2° Nations unies. *Chronique de l'organisation mondiale de la santé,* Volume I, nos 1-2. *Constitution et structure de l'O. M. S.*

3° Claude Francis-Bœuf. *Recherches sur le milieu fluvio-marin et les dépôts d'estuaire,* in *Annales de l'Institut océanographique.*

THERMODYNAMIQUE. — *Sur la thermodynamique du phénomène de la fontaine d'hélium* II *et de l'effet inverse.* Note de M. **Sybren R. de Groot**, présentée par M. Aimé Cotton.

Le phénomène de la fontaine d'hélium consiste en l'établissement d'un gradient de pression Δp quand l'hélium II est soumis à un champ de température non uniforme (1). Il existe également un effet inverse où une différence de température ΔT est provoquée par une différence de pression Δp (2). H. London (3) a donné la formule

$$\frac{\Delta p}{\Delta T} = -\frac{Q^*}{vT} \qquad (1)$$

pour schématiser ces phénomènes. Q^* est la chaleur absorbée par la partie A du système (à la température T) et fournie par la partie B (à la température $T + \Delta T$), quand l'unité de masse est déplacée de I à II, la pression étant uniforme. v est le volume spécifique. Dans sa démonstration, London applique les lois de la thermostatique ordinaire au transfert de masse qu'il suppose être réversible et il ne tient pas compte de la conduction de la chaleur irréversible qui subsiste. Ce procédé n'est pas justifiable, parce que tout le phénomène est

(1) J. F. Allen et H. Jones, *Nature,* **141**, 1938, p. 243.

(2) P. Kapitza, *Phys. Rev.,* **60**, 1941, p. 354; voir aussi J. G. Daunt et K. Mendelssohn, *Nature,* **143**, 1939, p. 719 et H. London (3).

(3) *Proc. Roy. Soc. London,* A, **171**, 1939, p. 434.

essentiellement irréversible. Aussi faut-il appliquer la thermodynamique des processus irréversibles, utilisant les relations réciproques de L. Onsager ([4]).

Ces relations peuvent être appliquées aux lois phénoménologiques qui expriment que certains *flux* sont des fonctions linéaires de certaines *forces*. Pour un corps simple, la forme la plus simple est

$$\Delta\dot{M} = -a\,\Delta\left(\frac{\mu}{T}\right) + b\,\Delta\left(\frac{1}{T}\right), \tag{2}$$

$$\Delta\dot{U} = -b'\,\Delta\left(\frac{\mu}{T}\right) + c\,\Delta\left(\frac{1}{T}\right). \tag{3}$$

Les *flux* $\Delta\dot{M}$ et $\Delta\dot{U}$ sont les dérivées partielles des changements de masse M et énergie U dans la partie A du système. [Les *forces* doivent être choisies d'une telle façon que la dérivée temporelle du changement d'entropie $\Delta\dot{S}$ lors d'une fluctuation devient la somme de produits de *flux* et *forces* correspondants. Cela donne ici ([5]) comme *forces* $-\Delta(\mu/T)$ et $\Delta(1/T)$, parce que $\Delta\dot{S} = -\Delta\dot{M}\,\Delta(\mu/T) + \Delta\dot{U}\,\Delta(1/T)$]. La *force* $-\Delta(\mu/T)$ contient le potentiel chimique μ et la *force* $\Delta(1/T) = -T^{-2}\,\Delta T$. Les *coefficients phénoménologiques* sont a, b, b' et c. La relation d'Onsager qui s'exprime ici par

$$b = b' \tag{4}$$

permet de donner une signification physique à la grandeur

$$Q = \frac{b}{a}. \tag{5}$$

Si, en effet, on déduit (3) de (2), multiplié par Q, on trouve, grâce à (4),

$$\Delta\dot{U} = Q\,\Delta\dot{M} + (c - bQ)\,\Delta\left(\frac{1}{T}\right). \tag{6}$$

Pour le cas de température uniforme ($\Delta T = 0$) on a donc

$$\Delta\dot{U} = Q\,\Delta\dot{M}, \tag{7}$$

et Q est par conséquent *l'énergie transplantée avec l'unité de masse* ($\Delta\dot{M} = 1$). On a

$$Q^* = Q - w \tag{8}$$

avec w enthalpie spécifique.

A l'état stationnaire, où il n'y a pas transfert de matière

$$\Delta\dot{M} = 0, \qquad \text{mais} \quad \Delta\dot{U} \neq 0, \tag{9}$$

([4]) *Phys. Rev.*, **37**, 1931, p. 405; **38**, 1931, p. 2265; H. B. G. Casimir, *Rev. Mod. Phys.*, **17**, 1945, p. 343.

([5]) S. R. de Groot, *J. Phys. et le Radium* (sous presse), donne des détails du calcul.

l'équation (2) donne, à cause de (5), (8) et

$$(10) \qquad \Delta\left(\frac{\mu}{T}\right) = v\frac{\Delta p}{T} - w\frac{\Delta T}{T^2},$$

la relation (1), prouvée maintenant dans la thermodynamique des processus irréversibles.

La démonstration de (1) est évidemment valable pour un corps simple quelconque (si les prémices de la théorie d'Onsager sont remplies). Pour l'hélium II, la relation (1) a été directement vérifiée par P. Kapitza ([6]) et surtout par L. Meyer et J. H. Mellink ([7]).

La *chaleur de transport* Q^* est une grandeur caractéristique dans la thermodynamique des processus irréversibles. (En général, Q^* n'est pas nécessairement une grandeur thermostatique.) Si l'on veut préciser Q^* pour un corps particulier, il faut recourir à une image cinétique spéciale ([5]). Quand on suppose, avec L. Tisza ([8]), que l'hélium II qui coule dans un capillaire entre deux réservoirs (avec différence de pression Δp et de température ΔT) a une entropie nulle, alors on a $Q^* = Ts$ avec s, entropie spécifique à la température T.

THERMODYNAMIQUE. — *Valeur de l'exposant du volume dans l'équation caractéristique des fluides.* Note de M. **Eddy Mezger**, présentée par M. Jean Cabannes.

En admettant une équation caractéristique des fluides de la forme

$$\left[P + \frac{a}{v^\alpha}\right](v - b) = RT,$$

où α est supposé constant, on détermine aisément la valeur de cette constante α en appliquant l'équation au point critique et en écrivant en outre qu'en ce point $\partial P/\partial v = 0$ et $\partial^2 P/\partial v^2 = 0$. Ces trois équations nous permettent d'éliminer les termes a et b, aussi mal connus l'un que l'autre, et de déterminer α avec précision pour le point critique par la formule suivante

$$\alpha = \frac{1 + \sqrt{1 + K^2}}{K} \qquad \text{avec} \quad K = \frac{RT_c}{2P_c v_c},$$

l'indice c se rapportant aux conditions critiques.

Appliquée à divers corps, elle donne les résultats suivants :

([6]) *J. Physics U. S. S. R.*, **5**, 1941, p. 59.
([7]) *Leyde*, Comm. **272** *b*, *Physica* (sous presse).
([8]) *Comptes rendus*, **207**, 1938, pp. 1035 et 1086; *Nature*, **141**, 1938, p. 913.

Produit.	T_c (°K.).	v_c (cm³/mol).	$P_c.10^{-6}$.	K.	α en tiers.
CO_2	304	94,8	734	1,80	5,07
H_2O	647	54,7	221	2,22	4,63
H_2	33	64,6	12,9	1,64	5,34
O_2	154	74,4	50,4	1,71	5,23
N_2	126	91	33,9	1,71	5,25
CO	134	93	34,9	1,72	5,22
Cl_2	417	124	77	1,82	5,06
Br_2	583	135,6	103,3	1,73	5,18
Hg	1723	40	1056	1,69	5,24
He	5,1	58	2,28	1,60	5,4
Ar	151	75,4	48,6	1,71	5,22
Ne	44	41,6	27,2	1,61	5,4
Kr	210	92,1	54,9	1,73	5,2
X	290	114	58,9	1,80	5,1
SO_2	430	125	79,1	1,81	5,1
C_2H_4	283	130	51,4	1,77	5,15
C_6H_6	562	257	48,6	1,85	5,3
CH_3Cl	413	136	74	1,70	5,24
CH_3OH	513	117,5	77	2,35	4,52
C_2H_5OH	516	167	61,6	2,08	4,75
Formiate propyl	537,8	284	39,2	1,97	4,85
Heptane *n*	540	427	26,4	1,99	4,86
Hexane *n*	508	367	29	1,99	4,86

On constate :

1° Que l'on ne peut pas parler d'une valeur moyenne du terme $K = RT_c/2\,P_c v_c$ dont les variations d'un corps à l'autre sont assez importantes.

2° *Que la valeur de l'exposant du volume ne saurait jamais être prise égale à* 2.

3° Que la valeur de l'exposant du volume v oscille de part et d'autre de la valeur 5/3 adoptée autrefois par Dieterici, d'après d'autres considérations, avec une erreur maximum de 8 % par excès (cas du néon) et de 10,6 % par défaut (cas de l'alcool méthylique). Les corps à association moléculaire ont pour α les valeurs les plus faibles. On peut tenter d'expliquer la valeur 5/3 de cet exposant par le fait que l'attraction exercée sur les molécules de la périphérie du fluide par les molécules intérieures est proportionnel au nombre de molécules en présence qui est lui-même proportionnel à $1/v^{2/3}$ en première approximation pour les premières et à $1/v$ pour les secondes, soit à $1/v^{5/3}$ pour l'ensemble.

4° Que le rapport du covolume au volume critique est également une fonction du terme K et égal à

$$\frac{b}{v_c} = \frac{1 + \sqrt{1 + K^2} - K}{1 + \sqrt{1 + K^2} + K}.$$

5° Que le terme a prend au point critique une valeur égale à

$$a = P_c v_c^{\alpha} \left(\frac{2K}{1 - \frac{b}{v_c}} - 1 \right).$$

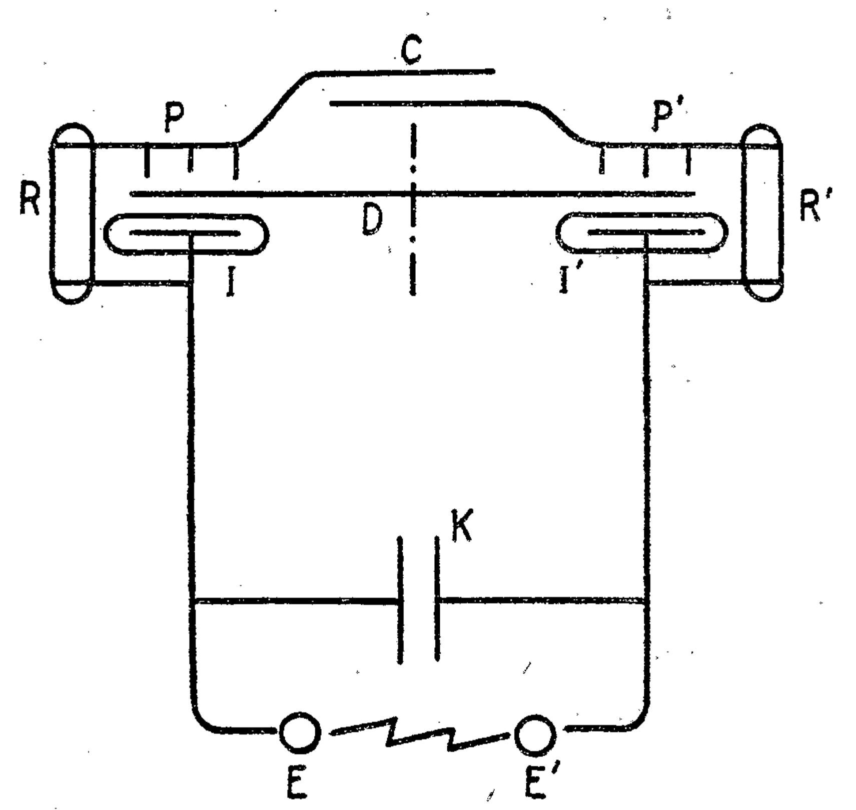
6° Qu'une équation caractéristique réduite s'écrirait en fonction d'une constante K caractéristique de chaque corps.

ÉLECTRICITÉ. — *Nouvelle génératrice électrostatique à influence.* Note (¹) de M. **Pierre Jolivet.**

En électrostatique, la création de machines simples présente un intérêt particulier.

J'ai déjà décrit (²) une génératrice du groupe de la Holtz et de la Tœpler, comportant un plateau rotatif, deux inducteurs et deux peignes, sans languettes ni brosses auxiliaires. Chaque inducteur fonctionnait lorsque son armature recouverte d'isolant électrisé était reliée au peigne situé en face de cet inducteur, et il était rechargé par intermittence lorsqu'on reliait brusquement son armature à l'autre peigne.

La nouvelle génératrice est pourvue d'inducteurs analogues aux précédents, mais sans aucune connexion mobile. Le peigne P est relié en permanence à l'armature de son inducteur I par une baguette résistante R et une baguette identique R′ relie en permanence le peigne P′ à l'armature de l'autre inducteur I′. Les peignes sont prolongés par les armatures d'un condensateur C et ce sont les inducteurs qui aboutissent aux bornes de la génératrice.



Ces bornes étant reliées à un condensateur externe K shunté par un éclateur EE′ à boules suffisamment écartées l'une de l'autre, toute étincelle a pour effet d'électriser les inducteurs, de sorte que, une fois la machine amorcée par une première décharge provenant d'une source auxiliaire momentanément connectée, les décharges peuvent se produire indéfiniment à polarité invariable.

Autrement dit, à vitesse constante du plateau D, la cadence des étincelles ne faiblit pas au cours du temps.

(¹) Séance du 16 juillet 1947.

(²) *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 744.

L'électrisation des inducteurs peut aussi être renouvelée par court-circuit brusque des bornes de la génératrice en fonctionnement, même en l'absence du condensateur K.

L'auto-électrisation par étincelle ou par court-circuit est due à ce que l'annulation brusque de la tension aux bornes entraîne dans les résistances R et R′ des chutes de tension élevées de plusieurs dizaines de mille volts qui provoquent une brève ionisation du gaz entre chaque inducteur et le plateau rotatif.

L'excellence du fonctionnement résulte de ce que des résistances relativement faibles pour l'électrostatique suffisent, même pour une faible valeur de la capacité C, de sorte que, entre deux étincelles, les chutes de tension dans les résistances parcourues par le courant des peignes deviennent insignifiantes et ne sont plus que de l'ordre du volt. Ainsi on peut associer $R = R' = 20\,000$ ohms à $C = 0{,}00001$ microfarad (deux petites bouteilles de Leyde sans armature externe, fond contre fond) au-dessus de 50000 volts, pour un plateau de diamètre 25^{cm} en ébonite 2^{mm} et deux armatures recouvertes de carton $0^{mm},2$ puis d'une couche de 2^{mm} en résine de styrolène.

Ce diélectrique restant électrisé pendant plusieurs années dans une atmosphère sèche, une enceinte hermétique doit maintenir fort longtemps la génératrice en état de marche.

On obtient un autre montage en permutant chaque peigne avec son inducteur. Toute étincelle, à condition qu'elle se produise à l'éclateur sous une tension suffisante, recharge les inducteurs mais en changeant le signe de l'électrisation de chacun d'eux, de sorte que la polarité de la machine s'inverse régulièrement après chaque étincelle.

OPTIQUE ÉLECTRONIQUE. — *Détermination expérimentale de l'astigmatisme et des surfaces focales en optique électronique.* Note (1) de M. **André Cazalas**, présentée par M. René Barthélémy.

Dans les tubes cathodiques à déviation électrostatique, les principaux défauts sont les distorsions et les défocalisations.

J'ai déjà indiqué dans une Note antérieure (2) l'origine de la distorsion trapézoïdale et les moyens de la corriger.

En ce qui concerne la distorsion en coussin, on remarque que le champ électrostatique dû à la deuxième paire de plaques doit être de révolution autour d'une droite D parallèle à ox (2) et passant par le centre de déviation de la première paire de plaques. La deuxième paire de plaques doit donc être taillée

(1) Séance du 30 juin 1947.

(2) *Comptes rendus*, **223**, 1946, p. 27.

dans des surfaces de révolution ayant D pour axe; dans ces conditions, la distorsion en coussin disparaît.

L'étude des défocalisations est plus délicate. En l'absence de champ déviateur, l'étroit pinceau électronique utilisé dans un oscillographe converge en un point situé au centre de l'écran; après déviation, il s'appuie sur deux petites focales. Un balayage parallèle à l'une de ces focales donne sur l'écran l'apparence d'une ligne fine si cette focale se trouve dans le plan de l'écran, ce qui est facile à réaliser en faisant varier la convergence de la lentille de concentration.

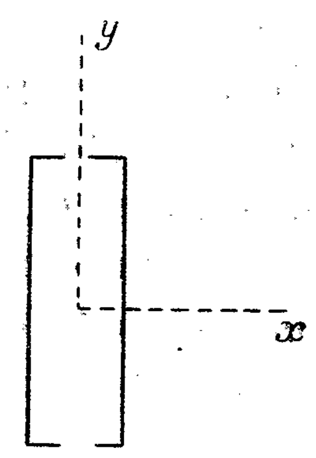
Supposons que nous voulions déterminer le lieu de la focale parallèle à oy quand le pinceau se déplace dans le plan xoz; il nous suffira de faire un balayage donnant l'apparence de lignes parallèles à oy et de régler la tension de focalisation $V = f(x)$ pour que la ligne d'abscisse x soit très fine.

Par ailleurs, en l'absence de déviation, la connaissance de la lentille de concentration donne la tension de focalisation $V = g(z)$ correspondant à une image du cross-over située à une cote z. L'équation $f(x) = g(z)$ représente le lieu des focales parallèles à oy et situées dans le plan zox.

On opérerait de même pour le plan zoy.

Ces expériences faites dans le cas de l'attaque dissymétrique ont montré que les surfaces de révolution étaient constituées par des cylindres droits ayant pour directrices la courbe $f(x) = g(z)$ et la courbe analogue située dans le plan zoy. Cette dernière est d'ailleurs relativement très proche de oy.

Cette méthode expérimentale a montré que les défocalisations étaient dues au champ de fuite latéral de la deuxième paire de plaques. On a réduit son importance et éliminé pratiquement les défocalisations en rabattant le bord latéral de ces plaques, comme l'indique la figure.



Dans le cas de l'attaque symétrique, le tube conserve ses qualités, ce qui est normal puisque la construction est elle-même symétrique.

Le procédé de balayage décrit ci-dessus peut se généraliser et s'appliquer aux problèmes suivants :

Astigmatisme dans le cas de la déviation magnétique : oscillographe, isoscope;

Aberrations de sphéricité des lentilles;

Surfaces focales d'un transformateur d'images.

Il semble que cette méthode complète les renseignements fournis par le tracé des trajectoires déduit de la carte des potentiels donnée par la cuve électrolytique.

OPTIQUE. — *Remarque sur le groupe 2575 Å émis par des mélanges d'oxygène et de vapeur de carbone.* Note [1] de M. **Louis Herman**, présentée par M. Jean Cabannes.

Le spectre ultraviolet de l'oxyde de carbone se compose essentiellement des bandes du quatrième système positif et des bandes de Cameron. L'intensité de ces dernières est généralement faible et elles sont souvent difficiles à mesurer; dans certaines conditions expérimentales, il est néanmoins possible d'éliminer tous les autres systèmes de CO et de les observer seules avec une assez grande intensité, surtout lorsque le courant de décharge est suffisamment faible [2]. Si l'on augmente, au contraire, la densité du courant de décharge, on voit apparaître, vers 2575 Å, en même temps que le quatrième système positif, une bande à tête double, dégradée vers le rouge. Elle avait été signalée pour la première fois par Kaplan qui l'avait attribuée à un nouveau système dont le niveau supérieur serait situé vers 28820 cm^{-1} et qui correspondrait ainsi au niveau $A^3\Sigma_u^+$ de N^2, niveau inconnu pour CO [3]. Gerö a contesté cette interprétation et en a proposé une autre : cette bande ne serait autre que la bande de Cameron (4,8) dont l'aspect particulier serait dû à la prédissociation du niveau $v'=4$ [4]. Cette hypothèse ne paraît pas davantage correspondre à la réalité. En effet, aux emplacements des autres bandes de Cameron à $v'=4$, on ne trouve pas d'exaltations analogues; d'autre part, dans la séquence $v''-v'=3$, on observe effectivement la bande de Cameron (4,7) sans anomalie d'intensité.

J'ai repris ce travail en m'efforçant d'exciter d'autres bandes appartenant au même système. Dans certaines conditions expérimentales et pour des densités de courant suffisamment fortes, il est possible d'observer un ensemble de bandes paraissant appartenir à un même système et contenant la bande 2575 Å. Il ne semble pas possible de les classer dans un schéma de vibration d'une molécule diatomique. On obtient un schéma approché dans le tableau suivant :

v' \ v''.....	0.	1.	2.	3.	4.
0...........	2577,0	2662,9			
1...........	2510,7	2592,5	2679,8		
2...........		2524,3	2607,0	2694,8	
3...........				2622,6	2711,5

Les bandes de la progression $v'\neq 1$ sont à têtes doubles et ressemblent aux bandes du quatrième système positif; les bandes de la progression $v'=1$ sont

[1] Séance du 3 février 1947.

[2] Mme R. Herman, *Annales d'Astrophysique* (sous presse).

[3] J. Kaplan, *Physical Review*, 36, 1930, p. 788.

[4] L. Gerö, *Zeitschrift für Physik*, 109, 1938, p. 204.

symétriques et ont un aspect fort différent des autres. L'impression que toutes ces bandes appartiennent à un même système provient de ce que leur intensité varie de la même façon par rapport au quatrième système positif. Les nombres figurant dans le tableau indiquent les longueurs d'onde des maxima d'intensité pour les bandes de la progression $v' = 1$ et, pour les autres, des seconds maxima situés du côté des grandes longueurs d'onde. Les écarts entre les niveaux de vibration de l'état supérieur ne sont pas réguliers; cela provient peut-être de l'aspect particulier des bandes à $v' = 1$ et de la difficulté de trouver des points correspondants de bandes non résolubles en raies de rotation. La valeur moyenne de ces écarts est de 1 030 cm^{-1} et les valeurs individuelles varient de 1 018 à 1 042 cm^{-1}. Les écarts entre les niveaux de vibration de l'état inférieur sont plus réguliers et sensiblement égaux à 1 252 cm^{-1}.

Si les bandes ci-dessus appartiennent bien à un seul système, la structure de vibration suggère plutôt une émission de molécule polyatomique, probablement CO_2. Les fréquences mises en évidence ici se retrouvent, l'une, dans le spectre d'émission de l'anhydride carbonique observé par Smyth [5] et l'autre, dans le spectre d'absorption du même corps dans l'ultraviolet extrême étudié par Rathenau [6]. Ces fréquences subissent également de notables variations d'une bande à l'autre. Rathenau trouve, en absorption, une série de bandes de faible intensité, situées entre 1000 et 1100 Å et dont l'écart moyen est de 1250 cm^{-1} [7]. Le niveau le plus bas relatif à cette suite est à 92 330 cm^{-1}. Smyth, dans un travail sur le spectre d'émission de CO_2 excité par chocs électroniques, a trouvé de nombreuses bandes situées entre 4500 et 3400 Å, permettant de mettre en évidence, pour le niveau électronique supérieur, une fréquence de vibration ayant la valeur moyenne de 1029 cm^{-1}. Cet auteur avait cru pouvoir situer l'énergie de ce niveau au voisinage de 16 eV [8]. Si son interprétation est correcte, elle permettrait de fixer la position du niveau le plus bas de l'état supérieur du système de Smyth : il serait situé à $92\,330 + 38\,793$ (bande 0,0 du tableau) $= 131\,123$ $cm^{-1} = 16{,}26$ eV. Le niveau le plus élevé que j'ai observé correspond à 16,64 eV. Il n'est pas exclu que l'arrêt des bandes du groupe 2575 Å soit dû, non à une diminution progressive de la population des niveaux supérieurs, mais à une prédissociation. Rathenau observe, en effet, un spectre continu dont la limite, vers les courtes longueurs d'onde, se trouve à 760,5 Å (16,2 eV) et conduirait justement à une dissociation de CO_2. Les produits de la dissociation seraient probablement O et CO excité.

---

(5) *Physical Review*, 38, 1931, p. 2000.

(6) *Zeitschrift für Physik*, 87, 1934, p. 32.

(7) Dans le calcul de cet écart moyen, j'ai négligé la dernière bande dont la mesure paraît incertaine.

(8) *Physical Review*, 39, 1932, p. 380.

OPTIQUE ÉLECTROMAGNÉTIQUE. — *Calcul du pouvoir réflecteur d'un système stratifié quelconque*. Note de M. **André Herpin**, présentée par M. Jean Cabannes.

1. Considérons une onde électromagnétique polarisée rectilignement, de pulsation ω se propageant suivant Ox dans un milieu de constante diélectrique ε, de perméabilité μ et de conductibilité σ. Les champs électrique et magnétique sont respectivement donnés par les formules

$$\text{(1)} \qquad E = a\,e^{ikx} + b\,e^{-ikx}, \qquad H = -ga\,e^{ikx} + gb\,e^{-ikx}$$

avec

$$k = \frac{\omega}{c}\sqrt{\mu\left(\varepsilon - 2i\frac{\sigma}{\nu}\right)}, \qquad g = \sqrt{\frac{\left(\varepsilon - 2i\frac{\sigma}{\nu}\right)}{\mu}}.$$

Au lieu d'utiliser E et H séparément, nous pouvons utiliser leurs combinaisons

$$\text{(2)} \qquad X = gE + H = 2gb\,e^{-ikx}, \qquad Y = gE - H = 2ga\,e^{ikx}.$$

L'une se propageant vers la droite, l'autre vers la gauche.

Du point de vue formel, nous pouvons considérer (E, H) d'une part, (X, Y) d'autre part, comme formant une matrice à deux lignes et une colonne ou encore un vecteur

$$\text{(3)} \qquad (A) = \begin{pmatrix} E & 0 \\ H & 0 \end{pmatrix}, \qquad (Z) = \begin{pmatrix} X & 0 \\ Y & 0 \end{pmatrix}$$

(A) et (Z) étant reliés par la relation matricielle

$$\text{(4)} \qquad (Z) = (T)(A) \qquad \text{ou} \qquad (A) = (T^{-1})(Z),$$

(T) étant la matrice

$$\text{(5)} \qquad (T) = \begin{pmatrix} g & 1 \\ g & -1 \end{pmatrix}.$$

Dans une couche n comprise entre x_n et $x_n + d_n$, la valeur (Z'_n) du vecteur (Z) pour $x = x_n$ est reliée à sa valeur (Z_n) pour $x = x_n + d_n$ par la relation

$$\text{(6)} \qquad (Z'_n) = (P_n)(Z_n),$$

(P_n) étant la matrice

$$(P_n) = \begin{pmatrix} e^{i\varphi_n} & 0 \\ 0 & e^{-i\varphi_n} \end{pmatrix} \qquad \text{avec} \quad \varphi_n = k_n d_n.$$

Le passage du milieu $n-1$ au milieu n, se fait en écrivant qu'il y a continuité des champs tangentiels, donc du vecteur (A)

$$\text{(7)} \qquad (A_{n-1}) = (A'_n).$$

En utilisant les relations (5) et (6), nous pouvons relier les vecteurs (Z_{n-1})

et (Z_n)

(8) $(Z_{n-1}) = (T_{n-1})(A_{n-1}) = (T_{n-1})(A'_n) = (T_{n-1})(T_n^{-1})(Z'_n) = (T_{n-1})(T_n^{-1})(P_n)(Z_n).$

Cette relation de récurrence va nous permettre de relier le champ électromagnétique régnant dans le premier milieu au champ régnant dans le dernier

(9) $(A_0) = (T_1^{-1})(P_1)(T_1)(T_2^{-1})(P_2)(T_2)\ldots(T_r^{-1})(P_r)(T_r)(A_{r+1}) = (\Pi)(A_{r+1}),$

(Π) étant la matrice

(10) $$(\Pi) = (S_1)(S_2)\ldots(S_r)$$

avec

$$(S_n) = (T_n^{-1})(P_n)(T_n).$$

2. L'avantage de cette méthode est d'introduire une matrice caractérisant chaque milieu, la matrice permettant de passer du premier au dernier milieu est simplement le produit (non commutatif) de ces matrices partielles.

D'autre part un calcul élémentaire permet de montrer que les matrices (S_n) s'expriment très simplement en fonction des matrices de Pauli

(11) $$(S_n) = \cos\varphi_n + i\sin\varphi_n\cos\alpha_n(\sigma_1) + i\sin\varphi_n\sin\alpha_n(\sigma_2),$$

en posant

$$g_n = e^{i\alpha_n}.$$

Quand nous ferons le produit de matrices (S_n), nous verrons apparaître la troisième matrice de Pauli, comme produit des deux premières. La matrice (Π) sera donc de la forme

(12) $$\Pi = A + B(\sigma_1) + C(\sigma_2) + D(\sigma_3).$$

Ce résultat nous permet d'énoncer la proposition suivante : un ensemble de n lames est équivalent à un système de deux lames appropriées, mais n'est pas équivalent, en général, à une seule lame.

Si le premier milieu est le vide ($g = 1$) et que le dernier milieu soit caractérisé par une certaine valeur de g, on calcule facilement le pouvoir de réflexion. (Π) étant mis sous la forme (12), on trouve facilement

(13) $$R = \frac{(A-B)(1-g)+(D-iC)(1+g)}{(A+B)(1+g)+(D+iC)(1-g)}, \quad T = \frac{2}{(A+B)(1+g)+(D+iC)(1-g)}.$$

Nous avons là une méthode très simple pour calculer ces facteurs de réflexion et de transmission, connaissant les propriétés de différentes lames, on calcule les matrices (S_n) sous la forme (11), puis on fait leur produit, ce qui nous donne la matrice (Π) sous la forme (12). Les facteurs de réflexion et de transmission s'obtiennent alors très simplement par les formules (13).

Cette méthode peut d'ailleurs se généraliser à des cas plus compliqués tels que lames isotropes en incidence quelconque, lames biréfringentes, lames douées de pouvoir rotatoire naturel ou magnétique. Il faut alors introduire des matrices à 4 lignes et 4 colonnes qui peuvent d'ailleurs se ramener à des combinaisons des matrices de Dirac.

OPTIQUE ÉLECTROMAGNÉTIQUE. — *Sur l'énergie réfléchie par une lame absorbante.* Note de M. **Henri Arzeliès**, présentée par M. Jean Cabannes.

J'ai donné récemment ([1]) les formules de l'énergie transmise pour les ondes principales 1 et 2. Ces deux formules peuvent s'écrire d'une manière unique, valable pour les deux ondes. Raisonnons sur la formule de l'onde 1, avec les notations du Mémoire des *Annales de Physique*, paragraphe 30*a*, soit

$$\frac{E_{2t}^2}{1 + a^4 e^{-4\gamma' d} - 2a^2 e^{-2\gamma' d} \cos 2\Delta}.$$

Le calcul de E_{2t}^2 s'effectue en tenant compte d'une traversée de la lame, d'où le facteur $e^{-2\gamma' d}$ et de deux réfractions.

La réfraction à la première intersurface ([2]) fait intervenir le module de

$$\frac{2\mu \cos i}{\mu \cos i + \nu - j\chi} = b_{2E}^{12} e^{-j\delta_2^{12}}$$

et à la deuxième intersurface ([3]) celui de

$$\frac{2(\nu - j\chi)}{\mu \cos i + \nu - j\chi} = b_{2E}^{21} e^{-j\delta_2^{21}}.$$

Les exposants 12 et 21 indiquent le passage du milieu 1 au milieu 2, ou inversement; je m'excuse de cette complication d'écriture.

Or nous avons ([4])

$$b_{2E}^{12} b_{2E}^{21} e^{-j(\delta_2^{12} + \delta_2^{21})} = 1 - \mathcal{R}^2,$$

d'où aisément

$$b_{2E}^{12} b_{2E}^{21} = 1 + a^4 - 2a^2 \cos 2\delta.$$

Nous avons donc, *pour les deux ondes principales et pour une incidence quelconque*

$$\boxed{I_T = e^{-2\gamma' d} \frac{1 + a^4 - 2a^2 \cos 2\delta}{1 + a^4 e^{-4\gamma' a} - 2a^2 e^{-2\gamma' d} \cos 2\Delta}.}$$

La démonstration pour l'onde 2 serait analogue. De cette écriture de I_T on déduit immédiatement les deux cas particuliers de la réflexion vitreuse : réflexion non totale en faisant $\Delta = \delta'$, $\delta = 0$, $\gamma' = 0$, réflexion totale en faisant $\Delta = \delta$, $\delta' = 0$, $a = 1$.

([1]) *Comptes rendus*, 224, 1946, p. 1381 ; *Ann. de Phys.*, mars-avril, p. 166 (par abréviation Mémoire *R. S.*)

([2]) *R. S.*, 24, p. 160.

([3]) *Ibid.*, 30, p. 166.

([4]) $\mathcal{R}$ est défini dans *R. S.*, § 24, p. 154; a et δ, p. 156; δ est le retard dû à une réflexion intérieure, δ' le retard dû à une traversée de la lame; $\Delta = \delta + \delta'$.

EFFET RAMAN. — *Spectres des vibrations internes de l'anhydrite.* Note de M^lle **Lucienne Couture**, présentée par M. Jean Cabannes.

De tous les sulfates, l'anhydrite est l'un des plus simples. Sa maille élémentaire contient deux ions SO_4, symétriques l'un de l'autre par rapport à un centre et dont la symétrie propre est C_{2v} (2 m m). Le spectre des vibrations internes contient neuf raies (¹) dont les types de symétrie n'avaient pas encore été étudiés. Les résultats expérimentaux sont donnés dans le tableau suivant (²).

		E_2			E_3		E_1		E_4	
Fréquences en cm^{-1}		416	495	604	626	672	1015	1107	1125	1157
Types de symétrie		B_{3g}.	A_{1g}.	B_{2g}.	B_{1g}.	A_{1g}.	A_{1g}.	B_{2g}.	A_{1g}.	B_{1g}.
Coeff. du tenseur permis		ε_{YZ}.	ε_{ii}.	ε_{ZX}.	ε_{ii}.	ε_{XY}.	ε_{ii}.	ε_{ZX}.	ε_{ii}.	ε_{XY}.
Intensités relatives.	Cas 2 et 4	[1]	$0,5_5$	$0,4_5$	$0,4_5$	0	0,9	0,2	0,06	0,2
	Cas 1 et 3	[1]	0,4	$0,4_5$	$0,4_5$	$0,7_5$	3,0	0,2	1,5	0,2
	Cas 5 et 6	[1]	0,3	$0,4_5$	$0,4_5$	0,6	2,1	0,2	0,4	0,2

Discussion des résultats expérimentaux. — I. *Dénombrement, symétrie et fréquences.* — Les raies se séparent en quatre ensembles E_i correspondant chacun à une fréquence de vibration de l'ion libre. Le nombre et les types des raies obtenus expérimentalement sont exactement, pour chacun des ensembles, ceux que laissent prévoir les considérations de symétrie. Connaissant le type des vibrations, on peut déterminer la trajectoire des atomes d'oxygène dans chacune d'elles. On peut montrer que l'ordre des fréquences des vibrations de chaque ensemble s'explique par la structure cristalline de l'anhydrite. Chaque ion SO_4 a pour voisins immédiats six ions Ca^{++}. On voit que si la trajectoire des atomes d'oxygène dans une vibration a une direction voisine de celle qui joint ces atomes aux atomes de calcium les plus proches, il se produit une augmentation de fréquence. Ce résultat est en accord avec l'hypothèse que les ions O et Ca exercent l'un sur l'autre des forces centrales et que les forces de répulsion entre deux ions au contact varient plus vite que les forces d'attraction électrostatique. La séparation des raies de l'ensemble E_2 (79 cm^{-1}), considérable devant celle (9 cm^{-1}) des raies homologues de la barytine, s'explique par la différence de taille des ions Ca^{++} et Ba^{++}. Les ions Ca^{++} étant peu volumineux, certains d'entre eux trouvent place entre deux atomes d'oxygène d'un même ion SO_4 et perturbent fortement les vibrations de déformation angulaires.

(¹) S. Bhagavantam, *Proc. Ind. Acad. Sciences*, A, **8**, 1938, p. 345.

(²) Suivant la notation des cristallographes, nous désignons dans l'anhydrite la direction de l'axe binaire vrai par OX. L'indice de réfraction est n_g suivant cette direction, n_m suivant OY et n_p suivant OZ. En désignant par C_2^X l'axe binaire, par σ_Y l'un des plans de symétrie et par i le centre de symétrie, les types de vibrations sont les suivants : A_{1g}, $s(C_2^X)\,s(\sigma_Y)\,s(i)$; B_{1g}, $a(C_2^X)\,a(\sigma_Y)\,s(i)$; B_{2g}, $a(C_2^X)\,s(\sigma_Y)\,s(i)$; B_{3g}, $s(C_2^X)\,a(\sigma_Y)\,s(i)$. Pour la dénomination des cas d'étude numérotés de 1 à 6, et qui dépendent de l'orientation du cristal dans le montage, voir L. Couture, *Comptes rendus*, **218**, 1944, p. 669.

II. *Intensités*. — Le calcul des intensités théoriques des raies peut être fait, pour l'anhydrite comme pour la barytine ([3]), à l'approximation d'ordre zéro, c'est-à-dire en supposant une perturbation infiniment petite. Le tableau suivant permet de comparer les valeurs théoriques (I) aux valeurs expérimentales (II) données pour chaque ensemble relativement à l'intensité de l'une des raies.

	E_2				E_3				
cm⁻¹.....	416	495			604	626	672		
	ε^2_{YZ}.	ε^2_{XX}.	ε^2_{YY}.	ε^2_{ZZ}.	ε^2_{ZX}.	ε^2_{XY}.	ε^2_{XX}.	ε^2_{YY}.	ε^2_{ZZ}.
(I)........	3	4	1	1	2	2	0	1	1
(II)........	[3]	1,6_5	1,1	0,9	[2]	2	0	3,3	2,4

	E_1			E_4				
cm⁻¹.....	1015			1107	1125			1157
	ε^2_{XX}.	ε^2_{YY}.	ε^2_{ZZ}.	ε^2_{ZX}.	ε^2_{XX}.	ε^2_{YY}.	ε^2_{ZZ}.	ε^2_{Y}.
(I)........	1	1	1	2	0	1	1	2
(II)........	[1]	3,3	2,3	[2]	0,8	18	4,8	2,4

On remarque l'exaltation de l'intensité expérimentale des coefficients diagonaux ε_{zz} et surtout ε_{YY} dans les vibrations de valence : ce phénomène, qui traduit la perturbation d'un ion SO_4 par son entourage, peut être attribué à la présence d'ions Ca^{++} particulièrement proches dans des directions voisines des traits de valence S-O.

PHYSICOCHIMIE ANALYTIQUE. — *Appareil pour le dosage des substances fluorescentes; application à la vitamine* B_1. Note ([1]) de M. LÉON PETIT, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Divers appareils ont été proposés pour effectuer des dosages fluorométriques. Une étude critique des conditions optima d'excitation et de mesure de la fluorescence a été faite par P. Ellinger et M. Holden ([2]) qui, à la suite de ce travail, accordent leur préférence à un procédé de compensation potentiométrique. Cette méthode de zéro présente l'avantage de pallier à l'irrégularité du flux excitateur de la fluorescence. Cependant, aux faibles concentrations un procédé optique s'est montré plus précis, mais il n'a pas permis d'obtenir une relation linéaire entre la concentration d'une solution en substance fluorescente et l'indication donnée par l'appareil.

Nous pensons que ce résultat défavorable à la méthode optique est imputable au dispositif employé. Nous proposons un système de compensation optique

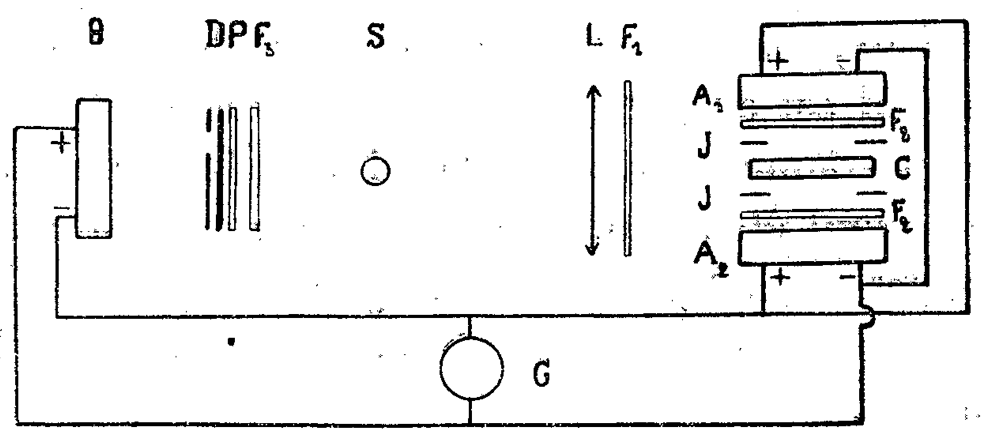
([3]) L. COUTURE, *Ann. de Phys.*, 2, 1947, p. 5.

([1]) Séance du 30 juin 1947.

([2]) *J. of the Soc. of Chem. Ind.*, avril 1944.

qui donne des indications proportionnelles à la concentration et grâce auquel les mesures restent soustraites à l'influence des variations de régime de la source lumineuse.

La source S est une lampe à vapeur de mercure sous haute pression utilisée



en position verticale. Une lentille L, suivie d'un filtre F_1, forme l'image de la source au sein de la solution étudiée, contenue dans une cuve C de 40^{mm} de profondeur dans le sens de la traversée du faisceau et de 4^{mm} de largeur intérieure. De part et d'autre de la cuve se trouvent : une joue J percée d'une fenêtre délimitant un volume défini de solution fluorescente; un filtre F_2; une cellule photoélectrique à couche d'arrêt de 65^{mm} de diamètre. Les deux cellules, A_1 et A_2, sont montées en parallèles et reliées à un galvanomètre G sur lequel est également branchée, en opposition avec A_1 et A_2, une cellule auxiliaire B. Celle-ci est éclairée au moyen d'une plaque de porcelaine P qui diffuse par transmission la lumière de la lampe filtrée par un écran F_3 analogue à F_1 : l'expérience montre que la compensation réalisée par ce procédé est efficace; il ne paraît d'ailleurs pas théoriquement nécessaire d'avoir recours pour cela à un relais fluorescent qui émette une radiation de même longueur d'onde que la solution étudiée ainsi que le font Ellinger et Holden. Le diffuseur P réalise une source homogène qu'il est possible de diaphragmer : le diaphragme D se compose de deux paires de volets (H, H' — V, V') rectangulaires, les uns fixes (H', V'), les autres mobiles : H horizontalement, V verticalement. Les déplacements de ceux-ci sont commandés par des tambours gradués. Les lèvres des quatre volets sont finement amincies en biseau; V et V' sont placés au contact même du diffuseur. De cette façon, la surface de la courbe correspond exactement à l'ouverture du diaphragme et celle de la partie irradiée de la cellule B n'est pas modifiée par les déplacements de V; ce sont des conditions essentielles pour qu'aux très petites ouvertures le courant débité par cette cellule soit proportionnel à l'ouverture de V.

La fluorescence émise par la solution sous l'action du faisceau primaire provoque dans le galvanomètre un courant photoélectrique proportionnel dans de larges limites à sa concentration et à l'intensité de l'énergie excitatrice; on ajuste à une valeur convenable l'ouverture du diaphragme D de façon que le courant débité par la cellule B annule le courant résultant dans le galva-

nomètre. Le volet H étant dans une position fixe, repérée par M divisions du tambour qui commande ses déplacements, on ouvre le volet V pour ramener le spot au zéro : la rotation correspondante du tambour entraînant V est de N divisions. L'erreur $\Delta N/N$ commise sur la lecture se compose de deux termes : l'un, $\Delta N_1/N$, relatif à l'approximation faite sur la position du spot par rapport au zéro; l'autre, $\Delta N_2/N$, relatif à la précision de la lecture sur le tambour. Le rôle du volet mobile H est de permettre la réduction de cette dernière erreur lorsque la fluorescence à mesurer est faible. La surface lumineuse nécessaire à la compensation pouvant être réalisée par différentes combinaisons des ouvertures M et N des volets H et V, il est avantageux d'effectuer les mesures avec les plus fortes valeurs de N, ce qui s'obtient en diminuant la largeur M de l'ouverture du volet H.

Avec des solutions de sulfate de quinine dans l'acide sulfurique 0,1 N, les filtres F_1 et F_3' étant des verres Corning n° 5840 et les filtres F_2 des combinaisons d'un verre Corning n° 3389 et d'un Wratten 49 AC4, le domaine des concentrations mesurables s'étend de 0$^{\gamma}$,01 à 2$^{\gamma}$,5 par centimètre cube. La précision est de $\pm 1,5$ % à la limite inférieure de cet intervalle et de $\pm 0,2$ % à sa limite supérieure. Une variation de ± 1 volt aux bornes d'entrée du transformateur d'alimentation de la lampe produit sur les lectures une variation inférieure à $\pm 0,08$ %. Cette variation, qu'il est impossible de déterminer directement, a été calculée en provoquant une variation du secteur de $\pm$ 15 volts.

Cet appareil convient en particulier au dosage de la vitamine B_1 par mesure de la fluorescence du thiochrome.

CHIMIE MINÉRALE. — *Influence de la vapeur d'eau sur la vitesse de réaction entre l'oxyde de fer* (III) *et divers oxydes métalliques*. Note (1) de MM. **Hubert Forestier** et **Charles Haasser**, présentée par M. Paul Lebeau.

L'un d'entre nous avait déjà mis en évidence (2) une curieuse augmentation de la vitesse de réaction entre les corps solides Fe_2O_3 et NiO, sous l'influence de la vapeur d'eau. Nous avons repris et étendu ce travail d'une manière systématique, en utilisant deux oxydes d'un type nettement différent de l'oxyde de nickel : la magnésie (oxyde réfractaire) et l'oxyde de plomb (II) : PbO, dont le point de fusion est relativement bas et la structure hexagonale (MgO et NiO cristallisent dans le système cubique à faces centrées). On sait que ces trois réactions conduisent à la formation de ferrites fortement ferromagnétiques,

(1) Séance du 16 juillet 1947.

(2) H. Forestier et N. Perbet, *Comptes rendus*, 223, 1946, p. 575.

qui permettent l'utilisation de la méthode d'analyse magnétique, particulièrement sensible.

Les expériences ont porté sur des mélanges d'oxydes préparés par trois procédés différents :

1° Précipitation simultanée suivie d'une dessiccation à 100° dans un vide de 10^{-5} mm : Hg. (Produits A.)

2° Précipitation séparée suivie d'une dessiccation à 100° dans un vide de 10^{-5} mm : Hg, puis mélange très intime dans un broyeur à vibrations (appareil dont l'efficacité est très supérieure à celle du broyeur à billes rotatif). (Produits B.)

3° Précipitation séparée suivie d'un recuit à 750° pendant 1 heure et broyage de 1 heure, dans le broyeur à vibrations. (Produits C.)

Ces trois types de produits ont été recuits à 415° pendant 15 minutes soit dans l'air, soit dans un courant de vapeur d'eau surchauffée à 415°.

Nous résumons les résultats obtenus dans le tableau suivant, qui indique les rapports entre la teneur en produit formé après recuit dans la vapeur d'eau et celle du produit formé après recuit dans l'air.

	Fe_2O_3NiO.	Fe_2O_3MgO.	Fe_2O_3PbO.
$\frac{A_{H_2O}}{A\ air}$	$\frac{27}{17,8} = 1,5$	$\frac{21,5}{2,6} = 8,2$	$\frac{4,7}{2,16} = 2,2$
$\frac{B_{H_2O}}{B\ air}$	$\frac{14}{0,8} = 18,3$	$\frac{7,5}{1,07} = 7,0$	$\frac{3,3}{1,9} = 1,7$
$\frac{C_{H_2O}}{C\ air}$	$\frac{3,0}{2,5} = 1,2$	$\frac{2,0}{1,2} = 1,6$	$\frac{1,4}{1,0} = 1,4$

Ces valeurs (qui confirment pour le ferrite de nickel les conclusions déjà présentées par MM. H. Forestier et N. Perbet) montrent que :

1° Pour (A) NiO, la teneur en produit combiné pendant le recuit dans la vapeur d'eau est 1 $^1/_2$ fois supérieure à celle du produit recuit dans l'air.

2° Pour le (B) NiO, cette teneur est 18 fois plus grande (les oxydes recuits dans l'air n'ayant pratiquement pas réagi).

3° Pour (A) et (B) MgO, par contre, les rapports des teneurs en produit combiné sont sensiblement du même ordre de grandeur.

4° Pour (A) et (B) PbO, les rapports sont [comme dans le cas de (A) et (B) MgO] approximativement les mêmes.

5° Les produits (C) (NiO, MgO et PbO), sous l'influence de la vapeur d'eau, présentent une augmentation du pourcentage de produit combiné du même ordre de grandeur.

Ces résultats confirment l'influence de la vapeur d'eau sur les vitesses de réaction entre oxydes métalliques; nous nous proposons de les commenter dans une prochaine Note.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les produits d'hydrogénation catalytique et d'oxydation permanganique de l'aldéhyde α-méthyl-para-isopropyl-hydrocinnamique* (¹). Note de M. **René Reynaud**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Quand on hydrogène l'aldéhyde α-méthyl-para-isopropyl-hydrocinnamique, en présence de nickel Raney à 195°, et sous 120 atmosphères (²), on obtient deux fractions principales

(A)	$E_{12,5}$ 100-101;	n_D^{12} 1,469;	d_4^{16} 0,838,
(B)	$E_{15\text{-}16}$ 152-4;	$n_D^{13,9}$ 1,4821;	$d_4^{13,9}$ 0,917.

A cette température, l'hydrogénation n'est pas complète : (A) et (B) contiennent encore une certaine proportion de composés aromatiques. Dans l'intention de la rendre totale, nous avons opéré à 260° sous 150 kg : cm². Le produit obtenu ne contient plus d'alcools. A côté de carbures plus volatils (provenant vraisemblablement de la coupure des chaînes) on a isolé un composé cyclanique, dont les constantes sont

(C) E_{17} 94-95; E_{760} 209-211; n_D^{22} 1,447.

Si, d'autre part, on hydrogène à froid, par le platine préparé selon Vavon, la fraction A, on obtient un carbure cyclanique de constantes sensiblement identiques

(C') E_{17} 94-95; n_D^{23} 1,448.

Analyse : C % 85,8; H % 14,10, ce qui correspond à $C_{13}H_{26}$ (C % 85,6; H % 14,3).

La fraction (B), en présence de noir de platine Vavon, absorbe encore un peu d'hydrogène, les constantes de l'hexahydrocyclamenol obtenu sont : n_D^{24} 1,468, E_{19} 152-152°,5. L'analyse (C % 78,8, H % 13,34) nous conduit à $C_{13}H_{26}O$ (C % 78,7, H % 13,2).

Nous poursuivons l'étude des propriétés et de la synthèse de cet alcool (³).

Les produits d'oxydation directe de l'aldéhyde α-méthyl-para-isopropyl-hydrocinnamique ont été peu étudiés. Si l'on oxyde cet aldéhyde, au moyen d'une solution de MnO_4K dans l'acétone, on obtient facilement l'acide correspondant, F 38,5-39°, E_4 156-157°. Il a été déjà décrit, avec des constantes iden-

(¹) Nous proposons de donner à ce corps, connu de la littérature des Brevets sous le nom d'aldéhyde cyclamen, celui du cyclaménal, et à l'alcool correspondant celui du cyclamenol.

(²) L. Palfray, S. Sabetay et Reynaud, *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 939.

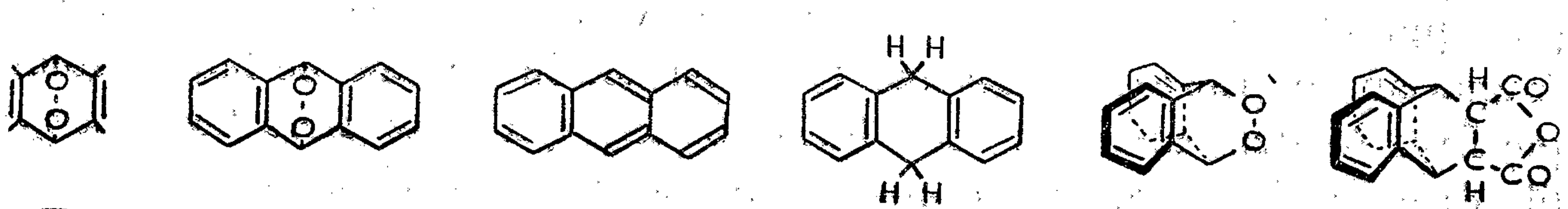
(³) La présente Note était achevée et prête à imprimer quand nous avons pris connaissance de la Note de M. Naves, qui vient de paraître (*Comptes rendus*, 224, 1947, p. 1830), dont certains résultats sont sensiblement identiques aux nôtres.

tiques aux nôtres, dans un brevet américain où il est obtenu par synthèse malonique; son ester méthylique a été préparé par action de l'alcool méthylique et de l'acide sulfurique. Il possède les constantes suivantes : E_{27} 141-142°, n_D^{23} 1,492; son amide obtenu par action du chlorure d'acide sur l'ammoniaque fond à 119,5-120°-5.

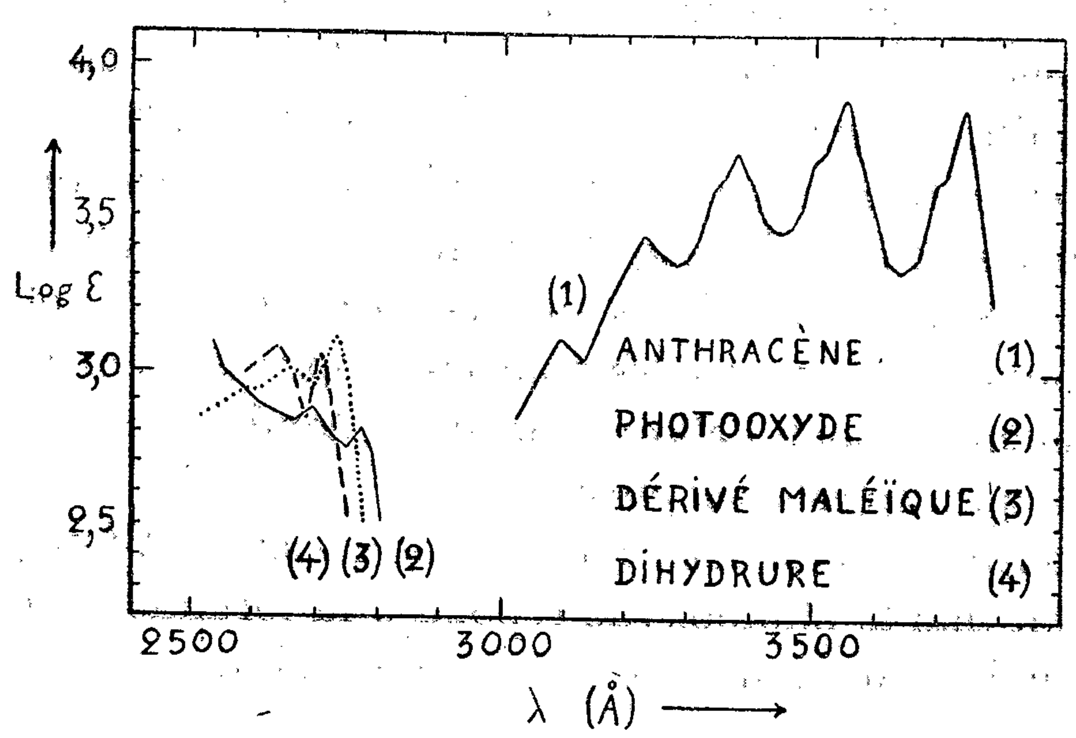
CHIMIE ORGANIQUE. — *Étude spectrographique du photooxyanthracène en relation avec sa constitution.* Note [1] de MM. **Charles Dufraisse** et **Ivan Gillet**, transmise par M. Marcel Delépine.

La constitution proposée pour les photooxydes I est basée sur leur mode de formation [2] et leur hydrogénation [3], ainsi que sur leurs constantes thermochimiques [4] et magnétiques [5]; nous lui apportons l'appui d'une première série de mesures spectrographiques portant sur l'anthracène simple.

L'addition endoperoxydique d'oxygène II transforme l'antracène III en dérivé de son dihydrure IV. Quelle qu'en soit la cause (fixation d'oxygène, d'hydrogène ou d'autres réactifs), la saturation des mésosommets a pour conséquence de scinder le système résonnant unique de l'anthracène en deux systèmes



I II III IV V VI



benzéniques dont les mésoméries sont indépendantes l'une de l'autre. Il doit en

(1) Séance du 7 juillet 1947.

(2) Ch. Dufraisse et A. Etienne, *Comptes rendus*, 201, 1935, p. 280.

(3) Ch. Dufraisse et J. Houpillart, *Comptes rendus*, 205, 1937, p. 740.

(4) Ch. Dufraisse et L. Enderlin, *Comptes rendus*, 191, 1930, p. 1321.

(5) L. Enderlin, *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 912.

résulter un effet hypsochrome considérable refoulant dans l'ultraviolet le spectre d'absorption. C'est ce que montrent les graphiques de la figure. On y voit que le spectre du photooxyde est voisin de celui du dihydrure. On doit donc en conclure que la molécule d'oxygène est unie au substrat carboné par des liaisons chimiques normales et que cette union a bien lieu par les mésocarbones, ainsi devenus saturés.

Il reste cependant une difficulté d'ordre stéréochimique. Dans le dihydrure IV les trois cycles sont coplanaires, alors que dans le photooxyde II l'anneau central est plié comme dans la structure du camphane ou celle de la quinuclidine : l'ensemble se dispose suivant trois plans concourant aux mésosommets, V. N'y avait-il pas là une objection à la disposition pontale de l'oxygène dans la constitution admise?

On doit observer tout d'abord que la distribution plane du dihydrure ne présente pas une rigidité comparable à celle de l'anthracène, les deux moitiés de la molécule ayant une certaine liberté d'oscillation se plient alternativement sur les deux faces à la ligne des carbones 9 et 10 comme charnière. Ce mouvement entraîne un basculage simultané des deux paires d'atomes d'hydrogène qui rapproche l'un de l'autre les atomes en vis-à-vis à l'extérieur du pli et les éloigne au contraire à l'intérieur. Une disposition pontale ne fait en somme que fixer la structure sous cette forme brisée, qui reste donc bien du type dihydrure et doit avoir un spectre apparenté. On peut en apporter la preuve avec le dérivé d'addition maléique, VI, où se trouve justement réalisé un enchaînement tout à fait semblable à celui du photooxyde, à ceci près que les atomes d'oxygène y sont remplacés par des carbones. Ce changement modifie à peine les conditions stériques : les deux éléments ont des rayons atomiques peu différents et leurs angles valentiels subissent à la fermeture des cycles des déflexions dont les amplitudes sont courantes dans les cyclisations ordinaires. La structure du photooxyde II, vu sous sa forme réelle V, et celle du dérivé maléique VI sont donc comparables pour les propriétés liées au mode d'enchaînement, spécialement pour l'absorption de la lumière : les graphiques de la figure montrent qu'il en est bien ainsi.

Comme la constitution du dérivé d'addition maléique VI ne peut faire aucun doute, il s'ensuit que le photooxyde répond à la formule II, où le carbone et l'oxygène sont unis en méso par des liaisons normales.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Réduction du mélange d'un ester et d'une aldéhyde par le sodium en présence d'eau; méthode générale de préparation des glycérols tri-substitués.* Note de MM. **Joseph Wiemann** et **Joseph Kapron**, transmise par M. Marcel Delépine.

La méthode de réduction préconisée par l'un de nous [1] pour un mélange d'un ester et d'une cétone a pu être généralisée aux aldéhydes; ainsi le mélange

---

[1] J. Wiemann, *Comptes rendus*, 217, 1943, p. 697.

de RCHO et de $R_1CO_2C_2H_5$ donne le glycérol

$$RCHOH-R_1C(OH)-CHOHR.$$

Le mode opératoire a été celui déjà mis au point ultérieurement [2]; cependant il est nécessaire, bien plus que dans le cas des cétones, d'éviter toute action trop rapide du sodium, ce qui donnerait une polymérisation des aldéhydes; en outre, la récupération de l'aldéhyde en excès ne donne pas de résultats bien nets.

Le rendement en glycérol est très faible pour les premiers termes; ainsi, le mélange de butyrate d'éthyle et d'acétaldéhyde ne m'a donné qu'une petite quantité d'un corps impur passant vers 150° sous 15^{mm}.

Pour les termes plus élevés, le rendement est de l'ordre de 10 à 15 % par rapport au sodium introduit. La purification et l'identification du cétol mixte RCHOH—COR normalement attendu par analogie avec le cas des cétones n'ont pas été résolues de façon satisfaisante jusqu'à présent. Voici les résultats obtenus :

Propanal et butyrate d'éthyle. — On obtient le *n*-propyl-4 heptane-triol-3.4.5 : $C_{10}H_{22}O_3$; $É_{14}$ 145-146°; D_4^{25} 0,976; n_D^{25} 1,465, d'où RM trouvé : 53,8 pour RM calculé 53,0; C % 64,8 et H % 10,5 pour 63,2 et 11,5 calculé.

Butanal et propionate d'éthyle. — Il donne l'éthyl 5-nonane-triol-4.5.6 : $C_{11}H_{24}O_3$; $É_{14}$ 147-148°; D_4^{25} 0,948 : n_D^{25} 1,455, d'où RM trouvé : 58,4 pour RM calculé 57,6; C % 67,7 et H % 11,1 pour 64,8 et 11,6 calculé.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Synthèses dans la série hexahydrophénanthrénique.* Note de MM. **Jean Colonge** et **Paul Rochas**, transmise par M. Marcel Delépine.

Ayant obtenu par un procédé relativement simple que nous publierons ultérieurement, les acides γ-tétralylbutyriques, nous avons pu passer aisément aux cétones hydrophénanthrénique et hydroanthracénique correspondantes. Cette Note décrit les résultats de la série hydrophénanthrénique.

L'octahydro-1.2.3.4.5.6.7.8 phénanthrénone-1 ou *octanthrénone* (I) déjà décrite par Schrœter [1] a été obtenue ici en cyclisant l'acide γ-(α-tétralyl) butyrique (II) au moyen de l'acide sulfurique.

L'hydrogénation catalytique de (I) conduit quantitativement à l'octahydro-1.2.3.4.5.6.7.8 phénanthrénol-1 ou *octanthrénol* (III) qui se déshydrate en hexahydro-1.2.3.4.5.6 phénanthrène ou *hexanthrène* (IV), hydrocarbure qui n'a été signalé que par Schrœter [2] parmi les produits se formant dans l'oxydation catalytique de l'octanthrène.

Avec les composés organomagnésiens mixtes, l'octanthrénone donne les

---

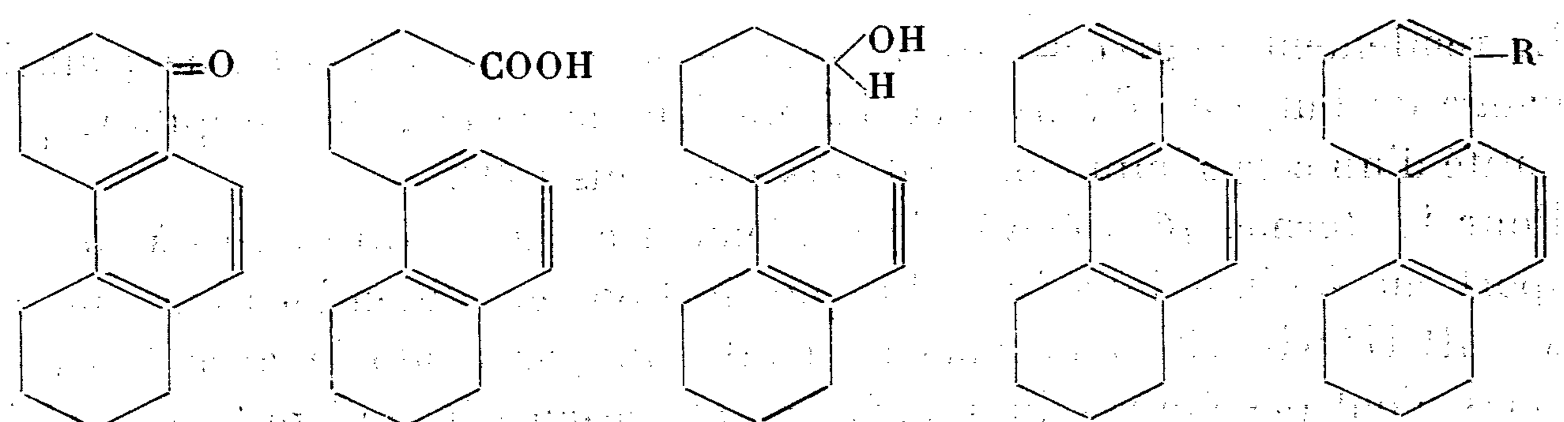
(2) J. Kapron et J. Wiemann, *Bull. Soc. Chim.*, 5e série, 12, 1945, p. 945.

(1) *Ber. d. chem. Gesell.*, 57, 1924, p. 2029.

(2) D. R. P. n° 568338.

alcools tertiaires correspondants qui n'ont pu être isolés car ils se déshydratent en *hexahydro* 1.2.3.4.5.6 *alcoyl-8 phénanthrènes* (V), composés également nouveaux, liquides incolores huileux, à réfraction moléculaire exaltée de 1,7 environ (celle de l'hexanthrène l'étant de 1,56) et ne donnant pas de picrates.

En déshydrogénant le méthyl-8 hexanthrène par le soufre, nous obtenons le méthyl-1 phénanthrène présentant toutes les propriétés (point de fusion, picrate) indiquées pour cet hydrocarbure.



(I). (II). (III). (IV). (V).

Octanthrénone $C_{14}H_{16}O$ (I). — L'acide γ-(α-tétralyl) butyrique (F 95°) est agité mécaniquement avec 6 fois son poids d'acide sulfurique à 80 %, au bain-marie bouillant, pendant 3 heures; la cétone brute est recristallisée dans l'éther de pétrole; Rdt. 70 %. — Solide blanc jaunâtre, F 82°; semicarbazone F 254°.

Octanthrénol $C_{14}H_{18}O$ (III). — La réduction de la cétone précédente par le sodium et l'alcool ne donne qu'un produit impur avec un mauvais rendement; par contre, l'hydrogénation dans l'alcool éthylique sur nickel Raney, à 45°, est quantitative. Solide blanc, F 96°.

Hexanthrène $C_{14}H_{16}$ (IV). — On chauffe au bain d'huile à 165°, pendant 45 minutes, un mélange d'alcool précédent (6^g) et d'acide phosphorique à 85 % (3$^{cm^3}$); on obtient 3^g,2 d'hydrocarbure incolore. F 18°; $É_{17}$ 176-177°; d_4^{20} 1,047; n_D^{20} 1,5978; R. M. obs. 59,14; calculé 58,38.

Méthyl-8 hexanthrène $C_{15}H_{18}$ (V, $R = CH_3$). — L'octanthrénone est traitée par un excès d'iodure de méthylmagnésium à 0°; après hydrolyse par l'acide sulfurique dilué et les traitements habituels, on obtient une huile qui se déshydrate par distillation sous vide; aussi, chauffons-nous à reflux le produit brut avec une solution d'acide oxalique à 15 %. On a finalement l'hydrocarbure cherché; Rdt. 77 %. Liquide incolore, $É_{15}$ 182-184°; d_4^{21} 1,033; n_D^{21} 1,5894; R. M. obs. 64,64; calculé 63.

Le méthyl-8 hexanthrène (2^g) chauffé avec du soufre (1^g,5) à 230° au bain d'huile donne finalement 1^g,1 de méthyl-1 phénanthrène, F 118° (alcool éthylique à 65 %), picrate jaune orangé F 135°.

Éthyl-8 hexanthrène $C_{16}H_{20}$(V, $R = C_2H_5$). On opère comme pour la préparation de l'homologue inférieur; Rdt. 80 %. Liquide incolore, visqueux; $É_{18}$ 194-196°; d_4^{23} 1,028; n_D^{23} 1,5878; R. M. obs. 69,34; calculé 67,62.

MINÉRALOGIE. — *Symétrie et réseau structural apparent de la luzonite.* Note de MM. **Raymond Hocart** et **René Weil**, présentée par M. Charles Mauguin.

Parmi les *sulfosels* arséniés ou antimoniés du cuivre, il est établi que les uns ont un réseau structural apparenté à celui de la blende, les autres à celui de la wurtzite.

La lautite [1] $CuAsS$ est un exemple des premiers; l'énargite [2] [3] Cu_3AsS_4 et la famatinite [2] Cu_3SbS_4 sont des exemples des seconds.

La luzonite Cu_3AsS_4 est extérieurement diffférenciée de l'énargite, notamment par la couleur, mais surtout par les macles répétées. Cependant le réseau de la luzonite est considéré [4] [5] comme devant être très voisin, monoclinique d'après les propriétés optiques, de celui de l'énargite, qui est orthorhombique.

Les diagrammes de poudres que nous avons obtenus à partir d'échantillons offerts par M. J. Orcel (collections du Muséum d'Histoire naturelle), révèlent un réseau de symétrie cubique très approchée, l'écart à la symétrie cubique étant certainement inférieur à 0,5 % en valeur relative sur le paramètre a_0.

$a_0 = 5{,}29$ Å (luzonite, province de Huaron, Pérou); 1 motif $Cu_3(As, Sb)S_4$ par maille pseudo-cubique; densité exp. $= 4{,}39_5$.

L'absence de cristaux isolés ne permet pas, actuellement, de préciser davantage le caractère de cette pseudo-symétrie du réseau.

Toutefois, il est important de souligner deux traits structuraux qui résultent de la distribution des raies et de leurs intensités dans le diagramme de poudres.

La similitude des diagrammes luzonite-blende est très nette; la correspondance est beaucoup plus frappante que dans la comparaison cuivres gris-blende ou énargite wurtzite. La répartition des atomes Cu et As imite donc celle de Zn dans la blende. En revanche, elle s'écarte de celle des atomes Cu et V dans la sulvanite [6] Cu_3VS_4, l'analogie des formules chimiques usuelles de la sulvanite et de la luzonite n'ayant pas son équivalent dans les diagrammes X, qui sont très dissemblables de la luzonite à la sulvanite ou de la blende à la sulvanite.

Le cas de la luzonite fournit un nouvel exemple d'édifice blende dans les « sulfosels ».

GÉOLOGIE. — *Structure du flanc nord du Luberon au sud de Forcalquier (B.-A.)*
Note de M. **Jean-Paul Destombes**, transmise par M. Charles Mauguin.

L'anticlinal oligocène du Luberon oriental est appuyé sur le rocher crétacé de Volx à l'Est, sur celui de la Bastide-des-Jourdans à l'Ouest. Entre ces deux points distants de 20^{km}, la fosse de subsidence oligocène de Forcalquier-Manosque s'est comblée de plus de mille mètres de dépôts lacustres marno-calcareux ou marno-gréseux, riches en lignites, schistes bitumineux, gypse et soufre. Si l'on

---

(1) R. Weil et R. Hocart, *Comptes rendus*, 209, 1939, pp. 444-445.
(2) De Jong, *Z. f. K.*, 68, 1928, pp. 522-530.
(3) L. Pauling et S. Weinbaum, *Z. f. K.*, 88, 1934, pp. 48-53.
(4) J. Orcel, *Bull. Soc. Min.*, 51, 1928, p. 204.
(5) Scheiderhöhn-Ramdohr, *Lehrb. d. Erzmikroskopie*, 1931, pp. 469-472.
(6) L. Pauling, *Z. f. K.*, 84, 1933, pp. 204-212.

retrace l'histoire paléogéographique de la fosse oligocène, on constate que les dépôts les plus épais du Sannoisien sont situés à l'Ouest, ceux du Stampien au centre (région de Biabaux-Saint-Martin), ceux de l'Aquitanien à l'Est, les variations maximum d'épaisseurs étant de l'ordre de 1 à 3. Les indices de soufre et les schistes bitumineux correspondent aux dépôts marno-calcaires les plus épais, les lignites étant plus généralement liés au faciès arénacé du Stampien moyen. Toutefois, cette dernière formation est le siège du gisement de soufre de Biabaux, dans un épisode marno-gypso-bitumineux de sa partie moyenne, correspondant exactement à la subsidence maximum de la fosse stampienne; le socle crétacé, après une remontée vers l'Est, s'ennoie définitivement dans cette direction sous les conglomérats miocènes extrêmement puissants du plateau de Valensole.

La localisation et le faciès de ces dépôts ont conditionné la tectonique alpine de la région.

On trouve, en effet, entre Montfuron à l'Ouest et Dauphin à l'Est, localités situées sur le flanc Nord de l'anticlinal et où les directions sont parallèles, EW mais décalées, une flexure orientée NE qui réunit les couches en direction. L'origine de cette flexure a été l'objet d'une hypothèse qui ne semble pas discutable [1]. Elle se situe au point où la fosse de subsidence commence à s'approfondir vers l'Est et ne fait que rattraper en direction des couches qui s'épaississent vers l'Est.

Mais cette flexure elle-même n'est pas continue en direction. La bande flexurée est affectée de failles transversales entre lesquelles des panneaux sont bousculés vers le NW suivant un style assez particulier [2]. Lorsqu'on cartographie en détail chacun de ces panneaux, ils apparaissent comme inégalement poussés, suivant un plan de pente inférieure aux pendages (NW).

L'épaisseur des couches décollées peut atteindre 500 mètres et l'ampleur maximum de la poussée est de l'ordre du kilomètre. Ces glissements affectent des calcaires massifs, plastiques qui se reploient en glissant, faisant apparaître localement par érosion leur substratum ou des formations qui leur sont normalement superposées et au delà desquelles elles ont cheminé. La limite inférieure des mouvements est marquée dans la colline par une faille longitudinale d'arrachement, bien visible par stéréoscopie sur des vues aériennes verticales. On observe cette faille dans un puits de recherche vertical situé à l'intérieur de la colline; son plan ainsi révélé est incliné vers le Nord-Ouest. Sous le plan de cette faille de décollement, les couches ne sont pas affectées, elles se suivent parfaitement en direction.

---

(1) JEAN GOGUEL, *Description géologique du Luberon*. (*Bull. carte géol. Fr.*, **36**, n° 186, 1932, p. 57.)

(2) MM. Gignoux et Moret ont décrit certains de ces accidents aberrants (anticlinal de Volx. *Travaux du Laboratoire de Grenoble*, **15**, 2e fasc., 1930. p. 21).

Les abondants lignites contenus dans les formations affectées facilitent le mouvement de glissement vers le Nord. Il est impossible de ne pas voir dans ces mouvements l'influence de la pesanteur.

On peut vérifier cette hypothèse au col de la mine de Villemus où des couches pentées à 20° à l'Ouest sont décollées de leur substratum marneux et descendues vers le ravin avec des pendages absolument quelconques, entre deux failles transversales. L'examen stéréoscopique de photographies aériennes verticales est particulièrement suggestif.

La plupart des failles verticales transversales aux directions et limitant les panneaux glissés, sont antémiocènes; on s'en assure en particulier à Villemus où elles n'affectent pas la molasse. D'autre part, les glissements importants de la région de Saint-Martin renversent la molasse miocène. Un important contact anormal longitudinal correspond à l'absence de plusieurs centaines de mètres de marnes et de grès du Stampien moyen. Les calcaires du Stampien inférieur ont déferlé jusqu'au contact des calcaires du Stampien supérieur. Cette observation semble témoigner d'un degré très avancé d'érosion des marnes intermédiaires au moment du mouvement.

Il faut donc admettre que cette tectonique d'écoulement par gravité est beaucoup plus récente que les mouvements post-miocènes. La partie centrale du Luberon oriental a commencé à se plisser et à se compartimenter avant le Miocène. Elle a été portée, après le Miocène, à une altitude très élevée, due à l'épaisseur des dépôts oligocènes, puis s'est érodée sur le versant nord de l'anticlinal. Les couches de calcaires redressées ont alors glissé vers le Nord-Ouest par panneaux plus ou moins épais, entre les failles transversales amorcées avant le Miocène.

ANATOMIE VÉGÉTALE. — *L'ordre d'apparition des vaisseaux chez les feuilles. Ses variations et leur signification.* Note de M. **Fernand Pellissier**, présentée par M. Roger Heim.

Trécul a démontré que dans les feuilles, les éléments vasculaires naissent de bas en haut si la croissance est lente, et dans l'ordre inverse si elle est rapide.

Nos recherches sur la trachéogénèse des limbes de Dicotylédones nous ont conduit à admettre la nature complexe de l'appareil ligneux et à y révéler la participation de cordons élémentaires nés, indépendamment de tout processus de ramification, au *point initial* et évoluant ensuite par différenciation nodifuge. Nous avons par ailleurs énoncé (¹) les règles de subordination basifuge et centrifuge des unités fondamentales d'ordres et de rangs successifs.

Lorsque les conditions de développement du limbe sont normales, les individualités de premier ordre s'édifient primitivement à partir de points initiaux

(¹) *Comptes rendus*, **222**, 1946, p. 676.

basopétiolaires, les cordons de 2ᵉ ordre naissent à leur tour, au cœur du limbe, contre les unités primaires, les tertiaires sur les secondaires, etc. La même progression de la base au sommet se retrouve chez les unités de rangs successifs dans le même ordre. Telle nous paraît être la signification des observations de Trécul lorsqu'il précise que la croissance est lente. Il convient toutefois d'y ajouter que si, initialement, l'édification subit un temps d'arrêt entre l'achèvement du cordon de premier ordre et la naissance de l'unité de second ordre, l'on constate chez les cordons suivants une succession plus rapide, sans pause intermédiaire, puis leur formation accélérée, avant que les individualités d'ordre précédent aient achevé leur différenciation. Ces diverses accélérations manifestées par les unités vasculaires subordonnées de la base au sommet et du centre vers la périphérie, accusent des effets comparables à celui que provoque l'*accélération basifuge* normale.

Lorsque les feuilles examinées sont prélevées sur des plants forcés, la rapidité de leur développement se traduit par une trachéogénèse apicale et basipète. En réalité, la notion de cordons élémentaires nodifuges nous conduit encore à expliquer ce processus comme le résultat d'une accélération particulièrement intensive et à triple effet.

1° Parmi les cordons d'ordres successifs, les unités d'ordre $n+1$ s'édifient *avant* que les individus d'ordre n aient parachevé *ou même ébauché* leur développement. C'est ainsi que l'apparition du cordon médian de premier ordre est précédé de la différenciation d'unités de deuxième ordre qui lui sont normalement subordonnées.

2° Parmi les individualités de rangs successifs dans le même ordre, les cordons apicaux, condensés et en grand nombre, précèdent les cordons basaux.

3° Enfin, sous l'effet d'un développement accéléré affectant plus spécialement l'une des deux parties symétriques du limbe, l'on perçoit que le point initial d'une unité conductrice se déplace (comparativement à celui de l'unité symétrique normalement différenciée) en direction périphérique et apicale. Ce phénomène doit être interprété comme le résultat d'une progression ascensionnelle telle que le point initial (dont la place n'est pas fixe) *atteint le point nodal le plus élevé du système* (nodal) que représente l'unité élémentaire.

L'interaction et la combinaison de ces trois facteurs entraînent, dès les premiers stades de sa morphogénèse, l'isolement des éléments vasculaires à l'apex et à la périphérie de la feuille; cette triple accélération présentera une conséquence inattendue : le développement de l'unité d'ordre n n'est pas seulement retardé, mais plus ou moins inhibé par la croissance prioritaire du cordon $n+1$.

En définitive, les diverses images révélées par l'étude de l'ordre d'apparition des vaisseaux dans les organes aériens et sur lesquelles ont été établies tant de conclusions contradictoires, ne doivent leur origine, comme l'a judicieusement énoncé Trécul, qu'à des modalités de croissance. La notion d'unités élémen-

taires et les règles de leur subordination normale, le jeu à triple effet de leur accélération accrue, sous l'influence de la rapidité du développement, nous ont autorisé à apporter quelque lumière sur la véritable signification de ces observations. Par ailleurs, cette étude nous offre une démonstration nouvelle de la constitution hétérogène de la feuille. L'individualité, l'indépendance et l'interconcurrence évidentes de ces cordons s'opposent manifestement à ce qu'on les considère comme des branches ou rameaux issus d'un processus de ramification.

ALGOLOGIE. — *Emploi de l'extrait de Levure dans la culture des Algues d'eau douce.* Note de M. **Pierre Fusey**, présentée par M. Roger Heim.

L'emploi de l'extrait de levure pour améliorer les milieux de culture des Algues d'eau douce a été déjà signalé (Pringsheim, Mainx), mais comme adjuvant secondaire à des milieux déjà fort complexes. J'ai voulu tenter de donner quelques précisions sur l'action de cet extrait et montrer la possibilité de cultiver des Algues d'eau douce dans l'extrait de levure seul, ce qui, à ma connaissance, n'a jamais été mentionné.

Les essais ont été faits sur différents genres et espèces. Trois milieux ont été employés pour chaque expérience :

Milieu I (témoin) : milieu de Marcel Lefèvre [1] (L + C, L — C ou L + C + P, selon l'espèce). Ce milieu donne, en général, de bons résultats; les souches d'Algues, qui m'ont été aimablement fournies par l'algothèque du Laboratoire de Cryptogamie du Muséum, sont d'ailleurs cultivées sur cette solution. L'extrait de levure est obtenu en faisant bouillir durant 20 minutes 1^{g} de levure des boulangers dans 100^{cm^3} d'eau bidistillée dans du Pyrex. L'extrait, après filtration, est stérilisé à 115° pendant 20 minutes.

Le milieu II se compose de 50^{cm^3} de milieu Lefèvre additionné de 2^{cm^3} d'extrait tel qu'il a été défini plus haut (ce qui correspond à une teneur de 0,04 % en levure pour le milieu II).

Le milieu III est l'extrait seul (soit une teneur de 1 % en levure).

Ces milieux sont répartis en fioles d'Erlenmeyer en verre neutre de 125^{cm^3}, à raison de 52^{cm^3} par flacon. Les ensemencements sont faits à partir d'une souche (préalablement homogénéisée par agitation) dont on prélève 1^{cm^3} pour chacun des trois milieux.

Voici les constatations faites pour quelques espèces. *Euglena gracilis* Klebs : développement sensiblement plus rapide dans le milieu II par rapport au

(1) Milieu L + C, solution riche en NO^3Ca (80^{mg} par litre); milieu L — C, solution pauvre en NO^3Ca (30^{mg} par litre); milieu L + C + P, solution peptonée (125^{mg} par litre) (voir M. Lefèvre, *Ann. Sc. Nat. Bot.* **19**, 1937, pp. 325-339).

milieu I, et incomparablement plus rapide dans le milieu III. Les mêmes constatations ont été faites chez *E. stellata* Mainx, *E. americana* Provasoli, *E. viridis* Ehrbg., *E. mutabilis* Schm. Chez *Phacus pyrum* (Ehrbg) St., au début de la culture, le développement était beaucoup plus marqué dans le milieu II que dans les deux autres. Au bout de 15 jours, j'ai constaté l'égalité entre les milieux II et III, tous deux étant nettement supérieurs au milieu I. Enfin, au bout de trois semaines, le milieu III, comme précédemment, montrait une très nette supériorité. Chez tous ces Eugléniens, je n'ai constaté aucune altération morphologique. D'autre part, la culture dans le milieu III non seulement se développe plus rapidement, mais encore vieillit plus lentement.

Passant à un autre groupe, j'ai fait des essais sur *Closterium acerosum* (Schr.) Ehrbg. (Desmidiée). Dans le milieu I (en l'occurence L + C), ce *Closterium* se développe fort mal. Une croissance meilleure est obtenue en ajoutant des extraits de terre et de sphaignes : environ 220$^{cm^3}$ par litre (L + C normal n'en contient que 20$^{cm^3}$ par litre).

Dans le milieu II à 0,04 % de levure, on constate un développement plus rapide, j'ai obtenu un meilleur résultat avec une concentration de 0,1 %.

Un dénombrement, après un mois de culture, a donné les résultats suivants :

	Individus par mm³.
Milieu I	13
» II	17
» à 0,1 %	28

Tous ces essais furent faits en milieux non bactériologiquement purs. La question de l'influence possible des bactéries se posant, j'ai fait deux essais sur des cultures bactériologiquement pures : *Pandorina morum* (Müll.) Bory et *Scenedesmus quadricauda* (Turp.) Bréb. (souches bactériologiquement pures venant du Laboratoire de Biologie végétale de la Station d'Hydrobiologie des Eaux et Forêts). Pour *Pandorina morum*, j'ai constaté, comme précédemment, un sensible accroissement du développement dans le milieu II, accroissement du développement beaucoup plus marqué encore dans le milieu III. Les mêmes constatations ont été faites pour *Scenedesmus quadricauda*, les différences étant déjà très nettes dès le quatrième jour de culture.

Un dénombrement au 10^e jour de culture a donné :

Milieu I	43	cénobes	(dont	4 à 8	cellules)	par mm³
» II	72	»	»	12 à 8	»	»
» III	156	»	»	28 à 8	»	»

Il semble donc que l'extrait de levure ait, vis-à-vis des Algues d'eau douce, une action favorisante aussi importante que celle qui a été constatée vis-à-vis des levures elles-mêmes et d'un certain nombre de bactéries.

L'emploi de l'extrait seul donne un milieu facile à préparer et d'un rendement nettement supérieur à celui des autres milieux. Peut-être permettra-t-il d'obtenir en culture certaines Desmidiées qui se montrent actuellement très rebelles.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Sur l'existence d'un nouveau pigment dans les plastes d'une Rhodophycée.* Note de MM. **Jean Feldmann** et **René Tixier**, présentée par M. Roger Heim.

Alors qu'il est admis que toutes les Rhodophycées renferment dans leurs plastes, outre des chlorophyles et des caroténoïdes, des phycochromoprotéides (phycoérythrine et phycocyanine), nous avons constaté qu'une Rhodomélacée méditerranéenne : *Rytiphlæa tinctoria* (Clem.) C. Ag., intensément colorée en rouge, était dépourvue de phycoérythrine, celle-ci étant remplacée dans les plastes par un autre pigment entièrement différent, qui, remarqué autrefois par F. T. Kützing (1), n'a pas été étudié depuis et que nous proposons de nommer *floridorubine*.

La floridorubine, exclusivement localisée dans les plastes, est extraite par macération de l'Algue dans l'eau distillée à froid ou à chaud. Les solutions aqueuses, d'un rouge foncé, se distinguent des solutions de phycoérythrine obtenues dans les mêmes conditions avec d'autres Rhodophycées par leur teinte plus foncée et leur fluorescence verte et non orangée.

De plus, la floridorubine ne présente pas les réactions des protéines et dialyse facilement.

Traitées par les acides, les solutions de floridorubine virent au jaune orangé. L'addition d'alcali fait apparaître une coloration rouge violacé suivie d'une précipitation totale du pigment. La floridorubine est précipitée de ses solutions aqueuses par les sels de métaux lourds en donnant des floridorubinates insolubles.

Le pigment est purifié par addition d'acétate neutre de plomb à la solution aqueuse. Le précité plombique obtenu, d'un rouge vineux foncé, repris par l'alcool méthylique chlorhydrique donne une solution rouge orangé de chlorhydrate de floridorubine. Le pigment est ensuite extrait à plusieurs reprises par l'éther, puis les solutions éthérées sont évaporées à sec. Le résidu est repris par quelques centimètres cubes d'éther qui dissout les substances visqueuses et laisse le produit rougeâtre cristallisé. Ces cristaux sont purifiés par cristallisation dans l'éther puis dans l'acétate d'éthyle. Nous avons ainsi obtenu 10^{mg} de pigment cristallisé en prismes rouges visibles à l'œil nu.

Les cristaux de chlorhydrate de floridorubine ne fondent pas au bloc de Maquenne, mais se décomposent vers 250° en passant du rouge vif au brun.

---

(1) *Phycologia generalis oder Anatomie, Physiologie und Systemkunde der Tange*, Leipzig, 1843.

Une analyse élémentaire a donné les résultats suivants : C : 38,77 %, H : 1,61 %, N : 9,5 %. Le pigment, à l'état de chlorhydrate, est soluble dans l'éther, l'acétate d'éthyle et l'alcool, insoluble dans le chloroforme et l'éther de pétrole. Il peut être extrait de sa solution éthérée par une liqueur alcaline qui prend une teinte rouge violacé. La solution éthérée présente, dans le visible, deux bandes d'absorption dont les axes se situent vers λ 480 mμ et λ 454 mμ.

La solution alcaline rouge montre une large bande de λ 560 mμ à λ 530 mμ (axe : 545 mμ).

Par réduction avec l'hydrosulfite de sodium ou l'amalgame de sodium, la floridorubine donne un leuco-dérivé.

Par l'ensemble de ses réactions, la floridorubine diffère des phycochromoprotéides et de leurs produits d'hydrolyse, ainsi que des flavines, des pigments anthraquinoniques et anthocyaniques; elle ne peut être rattachée à aucune famille de pigments connus.

Ce nouveau pigment nous paraît particulièrement intéressant, non seulement par sa constitution chimique qui semble très particulière, mais aussi par le rôle biologique qu'il doit jouer dans la photosynthèse de l'Algue, du fait de sa localisation dans les plastes.

EMBRYOGÉNIE. — *Sur le plan de la croissance embryonnaire du Poulet.* Note de M. **Léon Vaugien**, présentée par M. Maurice Caullery.

La croissance embryonnaire du Poulet domestique a déjà fait l'objet de nombreux travaux. G. Teissier (1), en traçant, d'après les données de divers auteurs, les courbes de la croissance globale en fonction du temps et de la croissance relative de divers organes, a montré l'existence de trois « étapes » successives de la croissance embryonnaire. J'ai repris, sur une centaine d'embryons de la race « Bresse noire », d'âges échelonnés depuis le deuxième jour de l'incubation, des mesures qui m'ont permis de préciser les données précédentes et de mettre en évidence une première « étape » ou « phase » de la croissance embryonnaire, antérieure aux trois autres, dont l'existence avait été seulement soupçonnée par G. Teissier.

1. *Phases de la croissance pondérale globale.* — L'étude des variations du logarithme du poids en fonction du temps d'incubation met en évidence l'existence de quatre «phases» de croissance (M. Abeloos) successives, séparées par trois stades critiques situés respectivement à 5 jours, 8 jours et 13 jours 1/2 et correspondant aux poids successifs suivants : $0^g,15$; $1^g,2$; $5^g,6$.

Les taux de croissance (accroissement journalier du logarithme du poids)

(1) *Act. scient. et ind.*, n° 455, Paris, 1937.

définissant ces quatre phases successives diminuent régulièrement : 0,75 ; 0,3 ; 0,14 ; 0,08.

L'étude de la croissance pondérale relative de divers organes, encéphale, globe oculaire, membre postérienr, montre que ces 4 phases de la croissance globale correspondent à autant d'*étapes* au sens de G. Teissier.

2. *Encéphale.* — L'encéphale de l'embryon manifeste, jusqu'au 5^e jour, une croissance sensiblement isométrique, peut-être homologue de la croissance *primordiale* signalée par M. Abeloos (2) chez les fœtus de Mammifères et dont la ligne représentative coïncide sensiblement avec celle-ci. La croissance encéphalique devient ensuite allométrique et nettement minorante à partir du 5^e jour. Le coefficient d'hétérauxèse s'abaisse encore de 0,67 à 0,6 le 8^e jour et subit une nouvelle diminution à l'éclosion.

3. *Globe oculaire.* — La croissance pondérale relative du globe oculaire est représentée par quatre segments de droites successifs, correspondant aux quatre phases de la croissance globale et ayant respectivement pour pentes : 2,1 ; 1,5 ; 0,34 ; 0,18. La modification la plus importante du régime de croissance relative se produit donc au stade critique du 8^e jour, alors que, pour l'encéphale, le changement le plus important est celui du 5^e jour.

4. *Cœur, foie, reins.* — La croissance relative de ces organes, étudiée à partir du 4^e jour d'incubation, m'a semblé obéir à une seule loi d'hétérauxèse, valable jusqu'à l'éclosion, définie par une valeur du coefficient α de 0,86 pour le cœur, de 1,13 pour le foie, de 0,97 pour les reins (méso- et métanéphros non séparés).

5. *Membre postérieur.* — La longueur totale de la jambe, du tarsométatarse et du 3^e doigt, comparée à la racine cubique du poids du corps, offre une croissance allométrique majorante durant toute la vie embryonnaire. Cette croissance en longueur présente deux stades critiques, au 5^e et au 13^e jour, les coefficients α des trois périodes ainsi délimitées étant respectivement : 1,6 ; 2,25 et 1,7.

D'après les données histologiques de M. Aron (3) et les résultats expérimentaux récents (4), le stade critique du 8^e jour paraît bien correspondre à l'éveil hormonique, hypophysaire et thyroïdien. Cet événement histogénétique et physiologique affecte, comme chez les Ruminants (5) et d'autres Mammifères, la croissance relative du globe oculaire. Par contre, à l'inverse de ce qu'on observe chez les fœtus de Mammifères, il ne se traduit par aucune modification dans le régime d'allongement des membres.

En résumé, la notion d'une subdivision de la croissance en *étapes* successives

(2) *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 1527.
(3) *Bull. Biol. France Belgique*, **65**, 1931.
(4) A. N. Studitski, *Nature*, **157**, 1946, p. 427.
(5) M. Abeloos, *Comptes rendus*, **222**, 1946, pp. 241, 342, 223 et 49.

correspondant à des *phases* de la croissance globale s'applique aux stades les plus précoces du développement embryonnaire du Poulet, qui n'avaient pas été envisagés jusqu'ici.

BIOLOGIE. — *Fonctionnement des chromatophores de la larve de Corèthre.* Note [1] de M. **Georges Teissier.**

Les seuls Insectes chez qui jusqu'à présent aient été signalés des chromatophores sont les larves des Corèthres. Ils y ont été décrits successivement par Leydig (1851), par Weismann (1866) et par Pouchet (1872), qui les a comparés à ceux des Poissons. Beaucoup plus récemment (1929), Martini et Achundow ont montré qu'ils s'étalaient à l'obscurité et se contractaient à la lumière; des expériences de décapitation, pratiquées pour déceler une influence éventuelle de la tête sur la marche du phénomène, ne leur ont pas donné de résultats probants. J'ai étudié moi-même ces chromatophores pendant l'hiver 1943-1944 et résumerai brièvement ci-dessous les faits que j'ai observés.

On sait que les larves des Corèthres présentent une remarquable transparence, qui leur a valu leur nom spécifique (*Chaoborus crystallinus*) et qu'elles possèdent deux paires de flotteurs, les sacs aériens, qui constituent leur seul appareil trachéen. Les chromatophores se trouvent à la surface de ces flotteurs.

Chez une larve normale, qui a séjourné quelque temps à l'obscurité, les cellules pigmentaires constituent à la surface des sacs aériens un pavage hexagonal régulier, où les noyaux se détachent en clair sur un cytoplasme bourré de granulations mélaniques. Lorsque les animaux sont placés à la lumière, on voit les cellules se contracter progressivement, les granulations se resserrant autour des noyaux qu'elles recouvrent. Les sacs aériens apparaissent bientôt comme parsemés de tâches noires rondes, disposées d'abord en quinconce, mais qui se déplacent ensuite et finissent par former sur la face dorsale des sacs des amas irréguliers.

Lorsque les larves ont été récoltées depuis peu et sont en bonnes conditions physiologiques, les réactions sont très franches, les chromatophores s'étalent à l'obscurité et se contractent à la lumière. Chez les animaux conservés trop longtemps en captivité ou mal nourris, chez ceux aussi que l'on récolte après de grands froids, la réaction d'étalement est moins constante, certains individus pouvant conserver à l'obscurité leurs chromatophores contractés, d'autres montrant sur un même flotteur, des chromatophores contractés, à côté d'autres bien étalés. La réaction à la lumière reste au contraire presque toujours typique.

Les chromatophores ne réagissent pas directement à la lumière, mais celle-ci

[1] Séance du 30 juin 1947.

agit par l'intermédiaire des yeux. Si l'on couvre les yeux d'un vernis opaque, ils se comportent comme si les animaux étaient placés à l'obscurité. Leur étalement est permanent et définitif, lorsque la larve a les yeux crevés.

Chez les animaux intacts, les chromatophores des sacs antérieurs et postérieurs réagissent de la même façon à l'éclairement. Mais si l'on pose une ligature entre les deux paires de sacs, on constate que seule la paire antérieure continue à présenter des réactions normales; si la ligature est faite en avant des sacs antérieurs, immédiatement en arrière de la tête, le fonctionnement de tous les chromatophores est déréglé. Les réactions des chromatophores d'un sac aérien séparé de la tête par une ligature sont très caractéristiques. Si cette ligature est posée alors que l'animal avait des chromatophores contractés, ceux-ci resteront contractés, même à l'obscurité; si elle est faite sur une larve dont les chromatophores étaient étalés, ceux-ci se contracteront graduellement, même si l'animal reste à l'obscurité.

Il apparaît par là que la contraction des chromatophores est un phénomène passif et l'étalement un phénomène actif, qui ne peut se produire qu'autant que les chromatophores intéressés ont conservé des relations normales avec la tête.

La commande des mouvements pigmentaires n'est certainement pas nerveuse. On peut, en effet, avec quelques précautions, détacher les flotteurs de leurs attaches et les déplacer d'une extrémité à l'autre de la larve. Le mode de réaction à la lumière des animaux ainsi préparés, chez qui les chromatophores avaient certainement perdu leur innervation, s'ils en avaient eu une, est semblable à celui des animaux normaux. Les ligatures qui peuvent, dans ce cas, séparer deux sacs d'une même paire, donnent exactement les mêmes résultats que ceux que l'on observe dans les expériences précédentes.

La seule interprétation qui me paraisse pouvoir être donnée des faits observés est que le fonctionnement des chromatophores des Corèthres est réglé par une hormone sécrétée par un organe céphalique et fonctionnant comme une *expansine*. Celle-ci se produirait de façon continue à l'obscurité, se détruirait lentement à l'obscurité, plus vite à la lumière qui, en outre, inhiberait sa formation par l'intermédiaire des yeux. Il y aurait là en définitive un phénomène humoral, avec commande nerveuse.

L'analogie des faits qui viennent d'être décrits avec ceux que l'on connaît chez les Crustacés, et tout particulièrement chez les Crabes, est évidente. Elle incite à tenter diverses expériences, à essayer notamment si les extraits de glande du sinus de Crustacé n'agiraient pas sur les Corèthres, comme les extraits de têtes d'Insecte agissent sur les Crustacés. Une de mes élèves apportera prochainement, sur ce point et sur plusieurs autres, d'utiles précisions.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Destruction, au moyen des rayons X, des ébauches de l'hypophyse de l'embryon de Souris, au treizième jour de la vie intra-utérine.* Note de MM. **Albert Raynaud** et **Marcel Frilley**, présentée par M. Maurice Caullery.

Nous avons décrit précédemment ([1]) un dispositif expérimental permettant de diriger sur une région déterminée de l'embryon de Souris en développement dans l'utérus, un mince pinceau de rayons X, et de détruire ainsi, par irradiation localisée, les ébauches de divers organes; nous rapportons ici l'application de ce procédé à la destruction des ébauches de l'hypophyse de l'embryon.

Conditions expérimentales. — Laparotomie de la Souris gravide à l'âge de 12 jours 6 heures de la gestation; immobilisation de la corne utérine et de l'embryon choisi, couché sur le côté, tête légèrement inclinée vers le bas; localisateur cylindrique (coupé par une bague de plexiglass entourée de plomb) délimitant un faisceau de 2 à 3^{mm} de diamètre, et amené au contact de la corne utérine, au-dessus de la région de la tête à irradier; le faisceau est dirigé (à travers la corne et les enveloppes fœtales) sur la base de l'encéphale de l'embryon; la région irradiée englobe la base du diencéphale et du pilier moyen du crâne, la cavité buccale, l'ébauche de la langue). Les doses de rayons X (anticathode Mo, 33,5 kV) administrées en moins de 5 minutes, varient de 5000 à 240000 r; après l'irradiation, la corne utérine est aussitôt replacée dans la cavité abdominale de la mère et cette cavité recousue; les fœtus sont sacrifiés à l'âge de 18 jours 12 heures; leur tête et le reste du corps sont étudiés microscopiquement, sur coupes sériées totales à $7^{\mu},5$ d'épaisseur.

Au stade de l'irradiation, les ébauches de l'hypophyse présentent la morphologie suivante (dessin A de la figure) : *a.* l'ébauche de la *pars nervosa* (*e. p. n.*) est formée par un diverticule creux du diencéphale (*Di*); *b.* l'ébauche orale (poche de Rathke) a la forme d'un simple sac creux (*p. R.*) relié à l'épithélium du plafond buccal par un étroit pédicule épithélial (*th.*).

Résultats obtenus. — 260 embryons ont été utilisés pour ces recherches; 70 d'entre eux, ayant reçu des doses de rayons X allant de 5000 à 200000 r, sont arrivés au terme de la gestation; ils présentent, suivant les cas, une destruction partielle ou totale de l'hypophyse, associée à des lésions des tissus traversés par le pinceau de rayons X (lésions de la région du diencéphale avoisinant l'hypophyse, de la langue, des maxillaires et quelquefois des lésions du cerveau antérieur et une destruction totale du museau). Les effets de l'irradiation sur les ébauches hypophysaires sont les suivants :

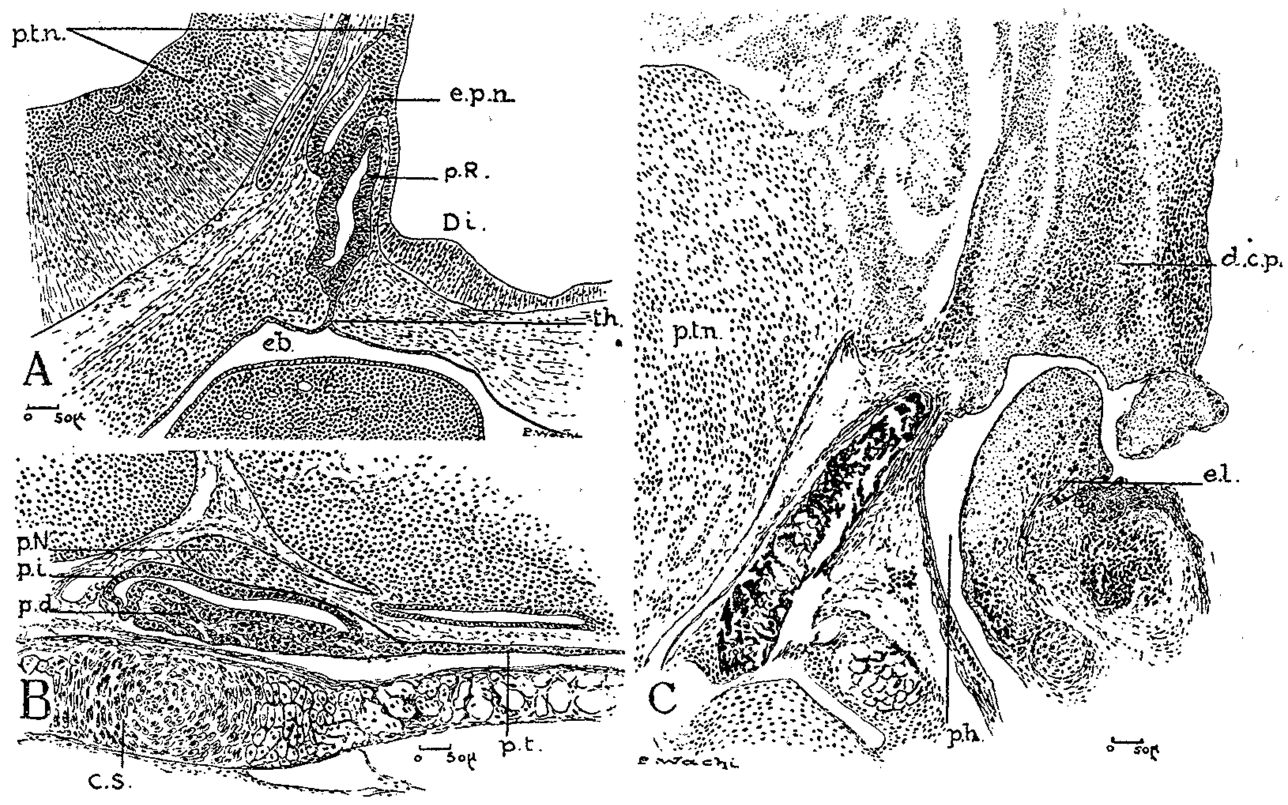
a. après administration de doses de rayons X égales ou supérieures à 40 000 r environ, on ne trouve plus trace, chez les fœtus à terme, de l'ébauche de la *pars nervosa*; elle a été totalement détruite; après administration de 5000 à 40 000 r l'ébauche du lobe antérieur persiste sous forme d'un amas cellulaire important.

b. Après administration, en une seule irradiation, de doses comprises entre 40 000 et 180 000 r, la poche de Rathke est réduite à un petit amas de cellules

([1]) *Comptes rendus*, **217**, 1943, p. 54.

(groupées quelquefois en un sac creux), isolé du cerveau et plongé dans le mésenchyme sous-jacent; avec les doses élevées de cette série (100 000 à 180 000 r.) il ne persiste qu'une infime partie du lobe antérieur de l'hypophyse, représentée par un petit groupe de cellules plus ou moins altérées, paraissant complètement inactives.

c. Pour obtenir la destruction totale de l'ébauche du lobe antérieur, nous avons dû effectuer deux irradiations successives, l'une au stade de 12 jours 6 heures, l'autre 24 heures plus tard, en administrant chaque fois une dose de 100 000 r. *Dans ces conditions, la destruction totale des deux ébauches de l'hypophyse a été réalisée*; chez les fœtus ainsi traités, parvenus au terme de leur vie intra-utérine, on ne retrouve plus, sur les coupes histologiques sériées de leur tête, que des débris de cellules complètement nécrosées, dans la région où auraient dû se trouver les ébauches hypophysaires (voir figure) (²).



A. Ébauches hypophysaires d'un embryon de Souris âgé de 12 j. 10 h. (*e. p. n.*, infundibulum) *p*. R., poche de Rathke). — B. Hypophyse d'un fœtus de Souris non traité, âgé de 18 j. 9 h. (*p*. N., *pars nervosa*; *p. i.*, *pars intermedia*; *p. d.*, *pars distalis*; *p. t.*, *pars tuberalis*). — C. Section sagittale de l'extrémité céphalique d'un fœtus de Souris, âgé de 18 j. 9 h. (frère du précédent), ayant reçu, sur les ébauches hypophysaires, 100000 r à l'âge de 12 j. 6 h. et à nouveau à l'âge de 13 j. 10 h. : ici seules des masses pycnotiques (*d. c. p.*) existent à l'emplacement où aurait dû se trouver l'hypophyse (*p. t. n.*, paroi non modifiée du tube nerveux; *ph.*, pharynx; *e. l.*, ébauche linguale partiellement détruite).

(²) La répercussion de cette destruction, sur le développement des fœtus, sera décrite ultérieurement; signalons ici, que chez les embryons à hypophyse totalement détruite, la différenciation sexuelle des gonades et des gonoductes s'effectue d'une façon sensiblement normale; les gonades sont plus petites que celles des témoins; dans les testicules, il y a des amas de glande interstitielle bien développés; quelques différences existent, entre traités et témoins, dans l'état de développement du tractus génital.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Microdosage du 2.3-butylèneglycol.* Note de M. **Michel Hooreman**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Lemoigne a proposé, pour la première fois, une méthode de caractérisation sûre du 2.3-butylèneglycol (Bgl), basée sur l'oxydation de ce composé en acétylméthylcarbinol (Amc), puis en diacétyle, par action de Br et Cl_3Fe; le diacétyle est lui-même, en effet, facilement caractérisable et dosable (1). Cette méthode a été reprise ensuite par Kluyver et ses collaborateurs (2). Mais, Br détruisant partiellement le diacétyle formé, les rendements en diacétyle sont inconstants.

Plusieurs auteurs (3), (4) ont cherché à améliorer ces rendements. Ils ont reconnu la nécessité d'opérer en deux temps; ils font agir d'abord Br seul qui, *à l'obscurité*, oxyde le Bgl en Amc sans être capable d'oxyder l'Amc; puis ils réduisent Br et font agir Cl_3Fe qui oxyde l'Amc en diacétyle; ainsi Br n'étant jamais en contact avec le diacétyle ne peut détruire ce composé. Les techniques proposées sont longues, nécessitent la mise en œuvre de plusieurs milligrammes de produit, ne donnent pas toute satisfaction quand le Bgl n'est pas en solution pure; aussi nous avons repris l'étude de la question et nous avons pu mettre au point un microdosage du Bgl, qui n'a pas les inconvénients précédents.

Oxydation microchimique du Bgl *en* Amc. — Nous effectuons également cette réaction par action de Br à chaud, à l'obscurité. A ce propos, il convient de signaler l'intérêt théorique des faits suivants : à l'obscurité, Br, s'il est capable d'oxyder le Bgl en Amc, est incapable d'oxyder l'Amc en diacétyle; pourtant, l'Amc est généralement plus oxydable que le Bgl puisqu'il est déjà touché par des oxydants doux (O_2 atmosphérique, Cl_3Fe) qui sont sans action sur le Bgl; mais à la lumière, Br devient capable, lui aussi, d'oxyder l'Amc. Le but de cette Note n'est d'ailleurs pas de présenter une étude approfondie de ces faits; nous ne ferons que les signaler au passage, en insistant simplement, d'un point de vue pratique, sur la nécessité d'opérer à l'obscurité pour oxyder le Bgl en Amc avec un bon rendement.

Quand le Bgl est en solution pure, dans une ampoule de 20^{cm^3}, nous ajoutons 10^{cm^3} de la solution, qui doivent contenir 0,3 à $1^{mg},5$ de Bgl, $0^{cm^3},5$ d'acide sulfurique 4N, 3^{cm^3} d'une solution fraîche 0,4N de Br dans l'eau distillée et nous complétons par de l'eau à 20^{cm^3} environ. Nous scellons l'ampoule et nous la plaçons pendant 20 minutes dans un bain-marie fermé, à 80°; nous la laissons refroidir à l'abri de la lumière et nous réduisons Br par un excès de SO_4Fe.

(1) M. Lemoigne, *Ann. Inst. Past.*, **27**, 1913, p. 856; *Comptes rendus*, **170**, 1920, p. 131.
(2) A. J. Kluyver, H. J. L. Donker et F. Vissert Hooft, *Bioch. Z.*, **161**, 1925, p. 361.
(3) C. Matignon, H. Moureu et M. Dode, *Bull. Soc. Chim.*, 5e série, **1**, 1934, p. 411.
(4) L. C. F. Kniphorst et C. I. Kruisheer, *Z. f. Unt. d. Leb.*, **73**, 1937, p. 1.

Quand le Bgl est en solution complexe, les composés qui l'accompagnent sont gênants, simplement parce qu'ils consomment en général du Br. Aussi, par un essai préalable, nous mesurons d'abord, iodométriquement, le nombre X de centimètres cubes de BrO, 4N consommé dans les conditions précédentes par les composés accompagnant le Bgl. Puis nous effectuons l'oxydation du Bgl en Amc en utilisant non plus 3^{cm^3} mais $3+X^{cm^3}$ de la solution de Br. Cette façon d'éliminer l'influence néfaste des composés accompagnant le Bgl est valable quelle que soit leur nature et, entre de larges limites, quelle que soit leur concentration; par exemple, on peut opérer sur des solutions contenant 500 fois plus de glucose ou de glycérine que de Bgl.

Ainsi le Bgl, qu'il soit en solution pure ou non, est transformé en Amc avec un rendement constant, supérieur à 90 %.

Microdosage du Bgl. — D'après ce que nous venons de voir, le microdosage du Bgl se ramène à un microdosage d'Amc, qu'il suffit d'effectuer suivant une méthode colorimétrique précise et spécifique, dont nous avons déjà donné le principe ([5]); ajoutons ici que, dans cette méthode, nous oxydons l'Amc en diacétyle par action de $Cl_3Fe + SO_4Fe$, conformément aux indications de Kniphorst et Kruisheer ([5]), et que nous extrayons le diacétyle par un entraînement à la vapeur dans un appareil simple dont la partie essentielle est un tube de E. Pozzi-Escot ([6]). Quand, dans la solution à doser, le Bgl est accompagné d'Amc, il faut déduire de la quantité totale d'Amc trouvée après l'oxydation au Br, la quantité d'Amc préexistant, pour avoir la quantité d'Amc correspondant réellement au Bgl.

En 1 heure et demie environ, cette microméthode, basée sur une réaction colorée spécifique, permet de doser à 4 % près le 2.3-butylèneglycol dans des milieux fermentés qui en contiennent plus de 30^{mg} par litre en ne nécessitant qu'une prise d'essai de 10^{cl}.

La séance est levée à 16^h.

L. B.

([5]) M. Hooreman, *Comptes rendus*, **222**, 1946, p. 1257.
([6]) *Bull. Soc. Chim.*, **31**, 1904, p. 932.

ERRATA.

(Séance du 23 juin 1947.)

Note de M. *Jacques Laplume*, Sur l'interaction entre un faisceau électronique et le circuit en hélice utilisé dans le tube à onde progressive :

Page 1767, 22[e] ligne, *au lieu de* — sur l'hélice : continuité du champ électrique tangent et du champ magnétique normal à l'hélice, *lire* — sur l'hélice : continuité du champ magnétique tangent et du champ électrique normal à l'hélice.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus pendant les séances de juin 1947.

Encyclopédie mycologique. XII. *Les maladies des plantes cultivées à Madagascar*, par Gilbert Bouriquet. Paris, Paul Lechevalier, 1946; 1 vol. 25cm.

Connaissance des Temps ou des Mouvements célestes à l'usage des Astronomes et des Navigateurs pour l'an 1947, publiée par le Bureau des Longitudes. Paris, Gauthier-Villars, 1947; 1 vol. 24cm,5.

Traité de pharmacie chimique, par Paul Lebeau, Maurice-Marie Janot, Henri Guérin, Paul Correiz, Guillaume Valette, André Morette, Marcel Chaigneau. Troisième édition. Tome I, *Chimie minérale*; tome II, *Chimie organique* (*Série acyclique et Série cyclique, à l'exclusion des composés azotés*); tome III, *Chimie organique. Composés organiques azotés. Série hydroaromatique. Série terpénique. Vitamines et hormones. Composés organominéraux. Composés hétérocycliques. Médicaments chimiques du groupe des matières colorantes artificielles*; tome IV, *Chimie organique. Alcaloïdes. Glucosides. Groupe des protides. Produits divers non sériés*. Paris, Masson et Cie, 1947; 4 vol. 25cm.

Actualités scientifiques et industrielles, 1022. *Physiologie générale du système nerveux*. XI. *L'Isochronisme neuromusculaire et l'excitabilité rythmogène*, par Louis Lapicque. Paris, Hermann et Cie, 1946; 1 vol. 25cm,5.

Memorial Meeting for Simon Flexner. Speakers Herbert S. Gasser, Learned Hand, Peyton Rous, Raymond B. Fosdick, John D. Rockefeller Jr. The Rockefeller Institute for Medical Research, 1946; 1 fasc. 24cm.

Faune de l'Empire français. VII. *Coléoptères des Antilles*. vol. 1, par Edmond Fleutiaux, Clément Legros, Pierre Lepesme et Renaud Paulian. Paris, Office de la recherche scientifique coloniale; Éditions du Muséum et Librairie Larose, 1947; 1 vol. 28cm.

Médecine et biologie. Les antibiotiques. Trois conférences, par Selman A. Waksman. Liége, Éditions Desœr, et Paris, Masson et Cie, 1947; 1 fasc. 19cm.

Streptomycin Antibiotic Extraordinary, par Selman A. Waksman. Extrait de *Ideas*, vol. XIII, n° 4. — *Antibiotics of Actinomycetes with special reference to certain challenging problems, notably the development of bacterial resistance*, by Selmam A. Waksman. Presented at the Conference or Antibiotic Research held at Washington on January 31 and February 1, 1947 under the auspices of the Antibiotics Study Section of the National Institute of Health. — *Metabolism and the chemical nature of Streptomyces griseus*, by Selman A. Waksman, Albert Schatz, H. Christine Reilly. Reprinted from *Journal of Bacteriology*, vol. 51, n° 6, 1946. — *Production of Antibiotic Substances by Actinomycetes*, by Selman A. Waksman, Albert Schatz, Donald M. Reynolds. Reprinted from the *Annals of the New York Academy of Sciences*, vol. XLVIII, 1946. — *The Inactivation of Streptomycin and its Pratical Applications*, by Walton B. Geiger, Samuel R. Green and Selman A. Waksman. Reprinted from *Proceedings of the Society for Experimental Biology and Medicine*, n° 61, 1946. — *Isolation of an Antibiotic Agent Derived from a* Phycomyces Active in vitro Against Trypanosoma equiperdum, by Albert Schatz, Harold J. Magnuson, Selman A. Waksman, Harry Eagle. Reprinted from *Proceedings of the Society for Experimental Biology and Medicine*, n° 62, 1946. — *Micromonosporin, an Antibiotic Substance from A little-Known group of micro-organisms*, by Selman

A. Waksman, Walton B. Geiger, Élisabeth Bugie. Reprinted from *Journal of Bacteriology*, vol. 53, 1947. — *Quantitative Measurement of Growth of* mycobacterium tuberculosis. *Effect of Streptomycin*, by Dorothy G. Smith (Introduced by Selman A. Waksman). Reprinted from *Proceedings of the Society for Experimental Biology* and Medicine, n° 64, 1947. — *Grisein, a New Antibiotic Produced by a Strain of* Streptomyces griseus, by Donald M. Reynolds, Albert Schatz, Selman A. Waksman. Reprinted from *Proceedings of the Society for Experimental Biology and Medicine*, n° 64, 1947. New Jersey, Rutgers University; 9 fasc.

The Story of Streptomycin, a Radio Talk, by Selman A. Waksmann, in *Serving Through Science*. New York, United States Rubber Company, Rockfeller, Center, 1947; 1 fasc. 23cm.

Académie vétérinaire de France. Commémoration du centenaire de la fondation. Paris, Maulde et Renou, s. d.; 1 fasc. 24cm.

Histoire de la médecine française. Son passé, son présent, son avenir, par Jules Guiart. Paris. Les Éditions Nagel, 1947; 1 vol. 23cm (présenté par M. Ch. Laubry).

Régence de Tunis. Protectorat français. Direction des Services de la marine marchande. Station océanographique de Salammbô. Brochure n° 1. *Études sur le thon, la daurade et les muges. Histoires d'écailles et d'hameçons.* Conférence faite à l'Institut océanographique de Paris, le 8 janvier 1938, par Henri Heldt. Imprimerie La Rapide; 1 fasc. 23cm.

Université d'Alger. *Travaux de l'Institut de recherches sahariennes.* Tome IV. Alger, E. Imbert, 1947; 1 vol. 25cm (présenté par M. de Martonne).

The USSR Academy of Sciences. The V. L. Komarov Botanical Institute. *Volume of scientific Works Carried out in Leningrad in the Course of the tree years of the great national War* (1941-1943). Leningrad, Paper-Journal and Book publishing House, 1946; 1 vol. 26cm (en langue russe).

Contribution à l'étude du peuplement des îles Atlantides, par Pierre et Mme Valentine Allorge, MM. A. Badonnel, Alfred Balachowsky, Lucien Berland, Léon Bertin, Jacques Bourcart, Pierre Bourrelly, Auguste Chevalier, Lucien Chopard, J. Denis, Jean Feldmann, Édouard Fischer-Piette, Paul-H. Fisher, A.-L. Guyot, René Jeannel, Paul Jovet, Mme Suzanne Jovet-Ast, MM. Paul Lester, Émile Manguin, Pierre Marie, Auguste Méquignon, Mme Liane Paulian de Félice, MM. Paul de Peyerimhoff, Robert Potier de la Varde, Jules Rouch, Max Sorre, Mme Jean Tardieu-Blot, MM. D.-L. Uyttenboogaart, G. Viennot-Bourgin, Roger Guy Werner, in *Mémoires de la Société de biogéographie*, VIII. Paris, Paul Lechevallier, 1946; 1 vol. 25cm.

Précis de géologie, par Léon Moret. Paris, Masson, 1947; 1 vol. 22cm.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 28 JUILLET 1947.

PRÉSIDENCE DE M. MAURICE CAULLERY.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** annonce à l'Académie le décès de M. **Émile De Wildeman**, Correspondant pour la Section de Botanique, survenu à Bruxelles, le 24 juillet 1947.

BOTANIQUE. — *La dispersion de certains arbres fruitiers sauvages par l'Homme avant l'invention de l'agriculture.* Note de M. **Auguste Chevalier**.

Dans une Note précédente (1) j'ai montré que les jeunes pousses de certains arbres forestiers des contrées tropicales, comme de diverses régions tempérées étaient utilisées autrefois pour l'alimentation humaine. Les Préhominiens, comme le font encore les Singes, devaient vivre presque exclusivement de pousses végétales et de fruits sauvages. Jusqu'à une époque qui ne remonte probablement pas au delà de dix mille ans, les Prénéolithiques ont vécu pour une grande part de produits végétaux prélevés sur la flore sauvage. La végétation primitive n'avait pas encore été dégradée par le feu et par les défrichements. Jusqu'à la fin du XIXe siècle, on avait admis que les hommes avaient été d'abord chasseurs, puis pasteurs vivant en nomades, enfin agriculteurs à partir du Néolithique.

C'était la théorie des trois étapes. Dès 1891, Édouard Hahn formula l'opinion que cette théorie était insoutenable; pour lui, et c'est aussi l'opinion de tous ceux qui ont examiné sur place les modes de vie des peuplades primitives actuelles, c'est aux plantes que revient le rôle essentiel dans l'alimentation des Hommes prépaléolithiques et même des Paléolithiques. Pendant longtemps ces hommes trouvèrent dans la nature les pousses et les fruits qui leur étaient nécessaires. Mais les changements de climats, notamment les diverses glaciations, l'assèchement dans certains pays tropicaux, etc., amenèrent aussi des modifications dans les flores sauvages et dans les groupements *climax* qui obligèrent parfois les hommes à émigrer pour se procurer des vivres. La faim les

(1) L'Homme peut-il utiliser comme aliments les feuilles d'arbres? (*Comptes rendus*, **119**, 1944, pp. 147-150.)

forçait à chercher de nouvelles ressources ou même à étendre la dispersion des arbres qui leur fournissaient alors leur principale subsistance. Dès qu'il fut en possession du feu, l'Homme qui vivait exclusivement dans des contrées à végétation mésophytique ou même xérophitique, put allumer en saison sèche des incendies de brousse et créer ainsi des places libres, des associations ouvertes où, sans faire de véritable agriculture (il n'avait pas encore d'outils pour remuer la terre), il pouvait néanmoins introduire les arbres qui lui étaient les plus utiles et particulièrement ceux donnant des fruits ou des graines alimentaires. C'est ainsi qu'ont dû prendre naissance dans la zone tempérée eurasiatique les forêts dites *climatiques* où certaines essences donnant des glands, des faînes, des noisettes, des noix, sont dominantes. Ainsi sont nées sans aucun doute les forêts de Chênes, de Hêtres, de Noisetiers et même de Conifères constituées par une seule essence dominante. On sait que dans les forêts soustraites à l'action de l'Homme, les essences sont toujours très intermélangées et aucune n'est dominante : c'est une mosaïque d'essences ligneuses entremêlées.

C'est donc sous l'action de l'Homme que l'aire et la densité de diverses espèces de Chênes ont dû considérablement s'étendre et elles ont pris la place de végétaux moins utiles. Ainsi se sont constituées des forêts plus homogènes, dès une très haute antiquité, avant même le dernier Glaciaire. L'intervention volontaire de l'Homme pour protéger et rationaliser la composition de nos forêts n'a commencé qu'après Charlemagne, quand furent créés des officiers forestiers, mais depuis des millénaires l'Homme préhistorique avait déjà une forte emprise sur les forêts d'où il tirait une grande partie de sa nourriture. Deux espèces de *Quercus* ont joué un rôle particulièrement important et ont été largement disséminés par l'Homme : le *Q. robur* L. ou *pedunculata* dont les glands sont plus gros et plus abondants que ceux de *Q. petræa* (ou *sessilis* Ehrh.), a été propagé vers l'W du continent médio-européen et a pris progressivement la place de son congénère au point de le supplanter en certains pays. Dans la région méditerranéenne, le Chêne vert (*Q. Ilex* L.) a été largement propagé pour ses glands. Une de ses variétés *Q. ballota* L. était encore cultivée il y a un siècle en Afrique du Nord pour ses amandes avec lesquelles on fabriquait une sorte de pain.

En Afrique tropicale il existe aussi de nombreuses espèces ligneuses qui ont été propagées par l'Homme parce qu'elles fournissaient la base de l'alimentation avant l'invention de l'agriculture. Leur aire s'étend à la plupart des pays de savanes. Les plus remarquables sont sans doute les Jujubiers ou *Ziziphus* qui fournissaient encore dans la haute Antiquité historique un pain dont se nourrissaient les Lotophages. Le récit d'Homère ne nous semble pas un mythe. Les Jujubiers furent probablement multipliés sur les places libres, c'est-à-dire brûlées par l'Homme sur une très vaste échelle, alors que la céréaliculture n'était pas encore réalisée partout.

Quatre espèces de Jujubiers ont servi à préparer du pain à l'aide de leurs fruits séchés et broyés, le *Ziziphus sativa* Gaertn, originaire de l'Asie centrale et du NW de l'Himalaya, le *Z. lotus* Willd. spontané dans la Berberie et l'Arabie, le *Z. rotundifolia* Lamk. ou *Z. saharæ* Bott, du désert indien et du Sahara, le *Z. spina-christi* Willd. de l'Asie mineure et l'Arabie, mais devenu subspontané dans toute l'Afrique orientale et centrale, enfin surtout le *Z. mauritiana* Lamk. encore spontané au sud du Sahara (il forme dans la zone sahélienne, mêlé à d'autres épineux, une association-climax très stable) et qui s'est répandu dans tous les pays de savanes jusqu'en Asie tropicale. De nos jours encore les Touareg de la région comprise entre l'Aïr et Tombouctou, où toute agriculture est impossible (car il ne tombe que 20 à 30^{cm} d'eau par an), recueillent précieusement les fruits de ce Jujubier qui abonde dans la savane désertique. Ils les réduisent en farine et en fabriquent des sortes de pains, durs comme pierre, nommés *oufer* que l'on garde toute l'année. L'explorateur H. Lhote qui en a mangé, nous dit que ce pain qu'on gratte avec un couteau, car on ne peut le couper, a un goût très fin qui rappelle certaines farines lactées. Il est certainement de qualité supérieure au pain de maïs (céréale non panifiable) que consomment actuellement les Parisiens.

Les Africains ont répandu beaucoup d'autres arbres fruitiers qui se sont naturalisés dans presque toutes les savanes du Continent noir et même certaines espèces ont étendu leur aire à l'Inde, à l'Indochine, à Madagascar et même à des contrées plus éloignées : les plus remarquables sont : *Tamarindus indica* L., *Adansonia digitata* L., *Strychnos spinosa* Lamk. et *S. innocua* Delile, *Vangueria edulis* Vahl., *Flacourtia Ramontchi* L'hérit., *Ximenia americana* L. (originaire d'Afrique malgré son nom), *Olea chrysophylla* Lamk., ancêtre probable de l'Olivier cultivé (qui existe depuis l'Himalaya jusqu'à l'Afrique du Sud et de l'Arabie jusqu'à la Macaronésie, en passant par le Hoggar).

Ces arbres et arbustes ont partout l'apparence spontanée; ils ne sont l'objet d'aucun soin. Ont-ils été cultivés autrefois? Nous l'ignorons, mais il est certain que l'Homme a contribué à les propager. Peu exigeants quant au sol, ils se sont répandus dans les savanes sur les places devenues libres par suite des incendies de brousse et de l'érosion qui en a été la conséquence. Leurs fruits et ceux d'autres espèces moins répandues ont joué un grand rôle alimentaire aux temps où la céréaliculture ou la culture des tubercules n'existait pas encore, ou était rudimentaire.

On sait, d'après les récents travaux des préhistoriens anglais, que l'Afrique orientale est vraisemblabement le berceau de l'*Homo sapiens*. C'est sur cette terre d'Afrique que les feux de brousse, l'érosion, la dégradation des sols qui sévissent depuis une très grande antiquité ont le plus compromis l'avenir. L'Homme de ces contrées a certainement inventé des cultures nouvelles : celles des *Coleus*, de certains Ignames, de diverses Cucurbitacées, du Fonio ou *Digitaria exilis*, peut-être même celle du Sorgho et du Pénicillaire, mais à une

époque reculée dont il n'est pas possible de fixer l'âge, il a eu surtout recours pour sa subsistance aux arbres fruitiers dont il a étendu l'aire, et multiplié même certaines variétés à plus gros fruits que l'on retrouve çà et là, spécialement dans les régions de montagnes.

Cette sorte de protoculture fruitière est bien antérieure au Néolithique; elle a même sans doute précédé le Paléolithique. Elle s'est poursuivie aussi bien en Afrique qu'en Europe, même après l'invention de l'agriculture, c'est à elle qu'on doit l'apport en Europe occidentale des Poiriers et Pommiers sauvages qui vivent encore dans les forêts; c'est elle qui a façonné nos forêts anciennes qui n'étaient déjà plus primitives il y a de nombreux siècles. En Afrique elle a subsisté encore plus longtemps, et il a fallu la magie et l'intervention des sorciers pour la faire disparaître.

Quand les Européens ont pénétré à l'intérieur de l'Afrique noire et ont commencé à en étudier les usages et traditions des tribus, ils ont appris que dans toutes ces contrées « planter un arbre fruitier chez toutes les peuplades était tabou ». Celui qui enfreint l'usage devait mourir quand l'arbre commençait à produire. Ce n'est que depuis peu que les Noirs commencent à planter des arbres fruitiers.

Nous nous demandons si cet interdit qui remonte à un très lointain passé n'avait pas pour but de permettre à la céréaliculture et à la culture des tubercules de s'étendre, c'est-à-dire de provoquer l'extension et la vulgarisation de la véritable agriculture. Mais cette agriculture transhumante des Noirs avec incendies périodiques des jachères a eu des conséquences plus néfastes encore que la protoculture fruitière avec établissement de forêts productrices plus ou moins dirigées, phase qui a précédé celle des champs sur jachères. C'est elle qui a ruiné toutes les terres d'Afrique, à l'exception de celles couvertes par la forêt dense. Il faut reconstituer maintenant la fertilité de ces terres africaines et nous pensons que la fruticulture rationnelle avec des variétés améliorées importées, ou créées sur place, pourrait aider à refaire les sols en de nombreuses régions, de même que la reforestation, la lutte contre le feu de brousse, la mise en réserve par des forestiers compétents garantiront l'avenir.

M. **Louis de Broglie** fait hommage à l'Académie d'un volume publié par les Éditions de la *Revue d'Optique* et intitulé *La Mésomérie*, qui contient les exposés faits aux réunions d'études et de mises au point tenues sous sa présidence en mai-juin 1946. Ces exposés sont dus, dans l'ordre où ils ont été faits, à MM. Charles Dufraisse, Paul Rumpf, A. Pacault, Paul Meunier, Raymond Daudel, Jean Cabannes, Mme Alberte Pullman, MM. Jean Guy et Jean-Louis Destouches. On y trouvera, présentés par des spécialistes qualifiés, les divers aspects expérimentaux et théoriques de cette notion de mésomérie qui a paru longtemps mystérieuse aux chimistes et dont la mécanique ondulatoire commence à nous fournir l'interprétation.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Joseph De Toni. *Diagnoses algarum novarum post sylloges editionem descriptarum.* I. *Myxophyceæ.* Centuria IX.

2° Bruno Böttcher et Arthur Lüttringhaus. *Über Trithione.* I.

3° Institut de médecine vétérinaire exotique. *Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux.* Tome I (Nouvelle série), n° 1.

CORRESPONDANCE.

ALGÈBRE. — *Sur les opérateurs de dérivation dans un anneau.* Note (1) de M. **Jean-Louis Koszul**, présentée par M. Élie Cartan.

La structure algébrique de l'anneau d'homologie d'une représentation, défini et étudié par M. J. Leray (2), peut être rattachée à l'étude de l'homologie définie par certains opérateurs de dérivation dans un anneau. Nous donnons ici ce point de vue qui sera utilisé dans une Note ultérieure sur l'homologie des espaces homogènes.

Notations : par opérateur dans un anneau $\mathfrak{A}$, on entend un opérateur pour sa structure de groupe abélien; $T.x$ désigne le transformé de $x \in \mathfrak{A}$ par l'opérateur T.

1. *Anneau à dérivation supérieure.* — *Définition :* un anneau à dérivation supérieure est un anneau $\mathfrak{A}$ où sont définis :

1° une suite d'idéaux bilatères $\mathfrak{B}^p$ (p entier) tels que $\mathfrak{B}^p \supset \mathfrak{B}^{p+1}$, $\mathfrak{B}^p\mathfrak{B}^q \subset \mathfrak{B}^{p+q}$, $\bigcup_p \mathfrak{B}^p = \mathfrak{A}$, $\bigcap_p \mathfrak{B}^p = \{0\}$;

2° un automorphisme involutif T de l'anneau $\mathfrak{A}$ tel que $T.\mathfrak{B}^p = \mathfrak{B}^p$ (on pose $T.x = \overline{x}$);

3° Un opérateur de dérivation D tel que

(D, 1) $\quad D^2 = 0,$

(D, 2) $\quad D.\mathfrak{B}^p \subset \mathfrak{B}^p$ (pour tout p),

(D, 3) $\quad D.xy = (D.x)y + \overline{x}(D.y),$

(D, 4) $\quad DT + TD = 0$ (3).

En général, on disposera dans $\mathfrak{A}$ d'une notion de degré (4), c'est-à-dire d'une

---

(1) Séance du 21 juillet 1947.

(2) *Comptes rendus*, 222, 1946, pp. 1419-1422.

(3) Lorsque $\mathfrak{A}$ est une algèbre, on parlera d'algèbre à dérivation supérieure si les opérateurs T et D sont en outre linéaires.

(4) M. H. Cartan m'a indiqué les avantages qu'il y avait parfois à ne pas utiliser cette particularité.

suite de projecteurs L^p transformant chaque $x \in \mathcal{A}$ en sa composante de degré p, et $\mathcal{B}^p$ sera somme des sous-groupes $L^{p+r}.\mathcal{A}$ où $r \geq 0$ ([5]).

2. *Suite d'homologies d'un anneau à dérivation supérieure.* — Soient $\mathcal{C}_r^p$ le sous-anneau des $x \in \mathcal{B}^p$ tels que $D.x \in \mathcal{B}^{p+r}$, et $\mathcal{C}^p$ le sous-anneau des zéros de D dans $\mathcal{B}^p$. On pose

$$\mathcal{D}_r^p = D.\mathcal{C}_r^{p-r}, \qquad \mathcal{D}^p = D.\mathcal{A} \cap \mathcal{B}^p.$$

Des relations d'inclusion des $\mathcal{B}^p$ résulte, pour chaque p,

$$\ldots \supset \mathcal{C}_r^p \supset \mathcal{C}_{r+1}^p \supset \ldots \mathcal{C}^p \supset \mathcal{D}^p \ldots \supset \mathcal{D}_{s+1}^p \supset \mathcal{D}_s^p \supset \ldots.$$

Par ailleurs,

$$\mathcal{C}_{r-1}^{p+1} = \mathcal{C}_r^p \cap \mathcal{B}^{p+1} \subset \mathcal{C}_r^p, \qquad \mathcal{C}^{p+1} = \mathcal{C}^p \cap \mathcal{B}^{p+1} \subset \mathcal{C}^p.$$

On pose $\mathcal{E}_r^p = \mathcal{C}_r^p/(\mathcal{D}_{r-1}^p + \mathcal{C}_{r-1}^{p+1}$, $\mathcal{E}^p = \mathcal{C}^p/(\mathcal{D}^p + \mathcal{C}^{p+1})$ et l'on désigne par η_r^p la représentation canonique de $\mathcal{C}_r^p$ sur $\mathcal{E}_r^p$.

Les propriétés des $\mathcal{C}_r^p$ et $\mathcal{D}_r^p$ vis-à-vis de la loi de multiplication et des opérateurs T et D permettent de définir dans la somme directe $\mathcal{E}_r = \sum_p \mathcal{E}_r^p$:

1° une structure d'anneau, en posant, pour $x \in \mathcal{C}_r^p$ et $y \in \mathcal{C}_r^p$,

$$(\eta_r^p.x)(\eta_r^q.y) = \eta_r^{p+q}.xy;$$

2° un automorphisme involutif θ_r, en posant $\theta_r \eta_r^p = \eta_r^p T$ sur $\mathcal{C}_r^p$;

3° un opérateur de dérivation δ_r, en posant $\delta_r \eta_r^p = \eta_r^p D$ sur $\mathcal{C}_r^p$.

Les projecteurs λ^p, transforment chaque $x \in \mathcal{E}_r$ en sa composante (de degré p) dans $\mathcal{E}_r^p$, et les opérateurs θ_r et δ_r définissent dans $\mathcal{E}_r$ une structure d'anneau à dérivation supérieure pour laquelle (D, 2) prend la forme restrictive $\delta_r.\mathcal{E}_r^p \subset \mathcal{E}_r^{p+r}$. La suite d'anneaux ..., $\mathcal{E}_r$, $\mathcal{E}_{r+1}$, ... est appelée *suite d'homologies* de $\mathcal{A}$. On constate aisément que la restriction de η_r^p à $\mathcal{C}_{r+1}^p \subset \mathcal{C}_r^p$ définit un isomorphisme canonique de $\mathcal{E}_{r+1}$ sur l'anneau d'homologie défini par δ_r dans $\mathcal{E}_r$. Ainsi chaque terme de la suite est anneau d'homologie du précédent.

On définit de même dans $\mathcal{E} = \sum_p \mathcal{E}^p$ une structure d'anneau à dérivation pour laquelle l'opérateur de dérivation est nul. On sera souvent dans le cas où, pour r assez grand, $\mathcal{C}_r^p = \mathcal{C}^p$, $\mathcal{D}_r^p = \mathcal{D}^p$ quel que soit p, c'est-à-dire que tous les termes de la suite d'homologies seront, à partir d'un certain rang, identiques à $\mathcal{E}$. Il existe d'étroites relations entre $\mathcal{E}$ et l'anneau d'homologie $\mathcal{H}$ défini par D dans $\mathcal{A}$: soit $\mathcal{H}^p \subset \mathcal{H}$ l'idéal bilatère des classes d'homologie contenant un zéro de D dans $\mathcal{B}^p$; on a $\mathcal{E}^p \simeq \mathcal{H}^p/\mathcal{H}^{p+1}$ et, si $\tilde{\eta}^p$ est la représentation canonique de $\mathcal{H}^p$ sur $\mathcal{E}^p$, $(\tilde{\eta}^p.u)(\tilde{\eta}^q.v) = \tilde{\eta}^{p+q}.uv$ pour $u \in \mathcal{H}^p$ et $v \in \mathcal{H}^q$.

([5]) Les anneaux de cochaines de la théorie de la cohomologie sont des anneaux à dérivation supérieure pour lesquels $\mathcal{B}^0 = \mathcal{A}$, $T = \sum_p (-1)^p L^p$ et $L^{p+1} D = D L^p$.

3. *Représentations d'anneaux à dérivation supérieure.* — Soient $\mathcal{A}$ et $\mathcal{A}'$ deux anneaux à dérivation supérieure; on utilise les mêmes symboles T, D, θ_r, δ_r, η_r^p, $\bar{\eta}^p$, définis plus haut, pour les deux anneaux. Soit g une représentation (pour les structures d'anneaux) de $\mathcal{A}$ dans $\mathcal{A}'$; on suppose

$$g.\mathcal{B}^p \subset \mathcal{B}'^p, \qquad g\mathrm{T} = \mathrm{T}g, \qquad g\mathrm{D} = \mathrm{D}g.$$

Dans ces conditions, $g.\mathcal{C}_r^p \subset \mathcal{C}_r'^p$, $g.\mathcal{D}_r^p \subset \mathcal{D}_r'^p$, $g.\mathcal{C}^p \subset \mathcal{C}'^p$ et $g.\mathcal{D}^p \subset \mathcal{D}'^p$; on définit donc, pour chaque r, une représentation γ_r de $\mathcal{E}_r$ dans $\mathcal{E}_r'$ en posant $\gamma_r\eta_r^p = \eta_r^p g$ sur $\mathcal{C}_r^p$. Les γ_r sont des représentations pour les structures d'anneaux qui vérifient :

$$\gamma_r.\mathcal{E}_r^p \subset \mathcal{E}_r'^p, \qquad \gamma_r\theta_r = \theta_r\gamma_r, \qquad \gamma_r\delta_r = \delta_r\gamma_r.$$

Si pour un entier s déterminé γ_s est un isomorphisme de $\mathcal{E}_s$ sur $\mathcal{E}_s'$, γ_r est un isomorphisme de $\mathcal{E}_r$ sur $\mathcal{E}_r'$ pour tout $r \geq s$.

La représentation g définit de même une représentation γ de $\mathcal{E}$ dans $\mathcal{E}'$; $\mathcal{H}$ et $\mathcal{H}'$ étant les anneaux d'homologie de $\mathcal{A}$ et $\mathcal{A}'$, si $\bar{g}$ désigne la représentation de $\mathcal{H}$ dans $\mathcal{H}'$ définie par g, on a, sur chaque $\mathcal{H}^p$,

$$\gamma\bar{\eta}^p = \bar{\eta}^p\bar{g}.$$

MÉTRIQUE. — *Compléments à la représentation ensembliste d'une algèbre et d'une σ-algèbre booléennes.* Note (¹) de M. **Christian Pauc**, présentée par M. Gaston Julia.

1. Soient $\mathfrak{A}$ une algèbre de Boole, $\mathbf{0}$ son zéro, $\mathbf{1}$ son unité, $\mathfrak{a}$ un élément quelconque, $\mathfrak{G}$ une famille génératrice de $\mathfrak{A}$ que nous pouvons supposer de puissance minimale $\aleph_\alpha$ et dont nous ordonnons les éléments en une suite $\mathfrak{g}_1$, $\mathfrak{g}_2$, ..., $\mathfrak{g}_\lambda$, ... ($\lambda < \omega_\alpha$).

Nous désignons par $\mathfrak{U}$ un ultrafiltre quelconque de $\mathfrak{A}$, par u le même ultrafiltre considéré comme point. Le procédé de représentation de H. Cartan consiste à faire correspondre à tout $\mathfrak{a}$ l'ensemble $\mathrm{F} = \mathrm{R}(\mathfrak{a})$ des u tels que $\mathfrak{a} \in \mathfrak{U}$; à $\mathfrak{A}$ correspond alors isomorphiquement au sens booléen l'ensemble $\mathcal{F}$ des ensembles F, parties de $\mathrm{U} = \mathrm{R}(\mathbf{1})$, à $\mathfrak{U}$ une base de filtre $\mathcal{V}$ sur U; celle-ci étant prise comme base de filtre de voisinages de u, U devient un espace de Hausdorff [U] compact totalement disconnexe dont les F sont des compacts ouverts.

La représentation ensembliste la plus générale de $\mathfrak{A}$ s'obtient en remplaçant U par un ensemble E dense dans [U] et faisant correspondre à $\mathfrak{a}$ la trace de $\mathrm{R}(\mathfrak{a})$ sur E. A ce processus d'appauvrissement de la représentation

(¹) Séance du 21 juillet 1947.

de H. Cartan (isomorphe à celle de Stone) qui apparaît comme saturée, correspond un processus inverse de *compactisation* ou de saturation d'une algèbre booléenne $\mathfrak{A}$ de parties A d'un ensemble E. Nous identifions tout point *e* de E avec l'ultrafiltre des surensembles de $\{e\}$ dans $\mathfrak{A}$, les points de E inséparables par $\mathfrak{A}$ sont alors identifiés. Ainsi $E \subset U$, $R(A) =$ fermeture de A dans [U].

Si nous topologisons E par $\mathfrak{A}$, l'espace obtenu [E] est complètement régulier. Le processus indiqué est un cas particulier de la compactisation de tels espaces selon H. Cartan. Comme indices de structure uniforme sur [E] nous pouvons utiliser les $\mathfrak{A}$-partitions finies de E, ou bien, leur filtre (filtre de Dieudonné) ayant comme base les partitions $\bigcap (G_{\lambda_i} \cup CG_{\lambda_i})$, $i = 1, \ldots, n$, les systèmes ordonnés finis d'indices λ ($1 \leqq \lambda < \omega_\alpha$). Le procédé de Tychonoff conduit à considérer la fonction caractéristique φ_λ de G_λ qui est continue sur [E] et à prendre comme coordonnées d'un point *e* de E les nombres $\varphi_\lambda(e)$; [E] est ainsi plongé dans l'espace $S_\alpha = \{0, 1\}^{\aleph_\alpha}$, [E] est la fermeture de E dans S_α. Pour une algèbre de Boole quelconque $\mathfrak{A}$ avec unité, nous appelons *coordonnées d'un ultrafiltre* $\mathfrak{U}$ les nombres φ_λ tels que $\varphi_\lambda = 1$ si $\mathfrak{a} \in \mathfrak{U}$, $\varphi_\lambda = 0$ si $C\mathfrak{a} \in \mathfrak{U}$, *signature* de $\mathfrak{U}$ le système ordonné $(\varphi_1, \varphi_2, \ldots, \varphi_\lambda, \ldots)$ qui est un point de S_α. L'espace [U] apparaît comme un sous-ensemble compact de S_α (²).

2. Soit $\mathfrak{D}$ une σ-algèbre booléenne d'unité **1**.

PROPOSITION. — *Une condition nécessaire et suffisante pour que* $\mathfrak{D}$ *admette une représentation ensembliste et que tout élément non nul de* $\mathfrak{D}$ *appartienne à un* δ-*filtre* (³) *maximal.*

Tout δ-filtre maximal d'une algèbre de mesure étant constitué par les suréléments d'un atome, une algèbre de mesure n'admet une représentation ensembliste que dans le cas où son unité admet un morcellement (dénombrable) en atomes (⁴).

APPLICATIONS. — 1. Soit γ une mesure jordanienne définie sur $\mathfrak{A}$, posons $\mu(\overline{A}) = \gamma(A)$; μ peut être prolongée en une mesure additive complète (selon de Possel).

PROPOSITION. — *Une condition nécessaire et suffisante pour que* γ *admette un prolongement additif* α *est* $\overline{\mu}(E) = \mu(U)$. *Si* B *est un ensemble borélien quelconque sur* $\mathfrak{A}$, *alors* $\alpha(B) = \overline{\mu}(E.B.)$.

2. Soient $\mathfrak{L}$ une algèbre de mesure, $\mathfrak{A}$ une sous-algèbre booléenne dense

---

(²) D'où résulte l'identité entre la représentation de notre Note *Construction de mesures* (*Comptes rendus*, **222**, 1946, p. 123) et la représentation de Cartan-Stone.

(³) Cf. N. BOURBAKI, *Topologie générale*, Chap. I, p. 20 en y remplaçant dans F_{II} « finie » par « dénombrable ».

(⁴) Théorème de WECKEM, *Math. Zeitschrift*, 45, 1939, p. 380.

sur $\mathfrak{L}$, μ une mesure effective sur $\mathfrak{L}$ (5). Posons $\mu^*(F) = \mu(\alpha)$ pour $F = R(\alpha)$ et prolongeons μ^* sur les ensemble boréliens sur $\mathcal{F}$ (6).

PROPOSITION. — *$\mathfrak{L}$ est isomorphe à l'algèbre des classes d'équivalence de* μ^* (6).

THÉORIE DES GROUPES — *Analyse harmonique dans les groupes centraux. II. Formule d'inversion de Fourier.* Note (1) de M. **Roger Godement**, présentée par M. Élie Cartan.

1. $\mathcal{O}$ étant une représentation unitaire continue de G, on écrit

$$\mathcal{O} = \{\mathcal{H}^{\mathcal{O}}, U_x^{\mathcal{O}}\}$$

en mettant en évidence l'espace de Hilbert $\mathcal{H}^{\mathcal{O}}$ et l'homomorphisme $x \to U_x^{\mathcal{O}}$ de G dans le groupe unitaire de $\mathcal{H}^{\mathcal{O}}$ définis par $\mathcal{O}$. Les $U_x^{\mathcal{O}}$ engendrent une algèbre d'opérateurs (2) $\mathcal{R}^{\mathcal{O}}$ dans $\mathcal{H}^{\mathcal{O}}$, et les opérateurs

$$T_f^{\mathcal{O}} = \int U_{x^{-1}}^{\mathcal{O}} f(x)\, dx \qquad (f \in L^1)$$

sont denses dans $\mathcal{R}^{\mathcal{O}}$. On a par ailleurs

$$\| T_{f\natural}^{\mathcal{O}} \| \leq \| T_f^{\mathcal{O}} \|,$$

et les $T_{f\natural}^{\mathcal{O}}$ sont dans le centre de $\mathcal{R}^{\mathcal{O}}$. *Si $\mathcal{O}$ est irréductible,* $\mathcal{R}^{\mathcal{O}}$ n'est autre que l'ensemble de *tous* les opérateurs bornés de $\mathcal{H}^{\mathcal{O}}$ et les $T_{f\natural}^{\mathcal{O}}$ sont donc de la forme $\lambda(f).1$ où $\lambda(f)$ dépend linéairement de f. Si alors on pose

$$\mathrm{Sp}(T_f^{\mathcal{O}}) = \lambda(f),$$

on peut prolonger cette fonctionnelle à tout $\mathcal{R}^{\mathcal{O}}$.

Il est immédiat de vérifier les propriétés

$$(1)\quad \mathrm{Sp}(\lambda A + \mu B) = \lambda\,\mathrm{Sp}(A) + \mu\,\mathrm{Sp}(B), \qquad (2)\quad \mathrm{Sp}(AB) = \mathrm{Sp}(BA),$$
$$(3)\quad \mathrm{Sp}(A) \geqq 0 \quad \text{pour A hermitien} \geqq 0, \qquad (4)\quad |\mathrm{Sp}(A)| \leqq \|A\| \qquad (5)\quad \mathrm{Sp}(1) = 1.$$

Par conséquent (3), on a le

(5) Entendant par là avec M. Nikodym que $\mu(\alpha) \neq 0$ pour $\alpha \neq \mathbf{0}$.

(6) Dans le cas où $\mathfrak{L}$ est une tribu de sous-espaces de l'espace Hilbert-Hermite, M. Nikodym (*Comptes rendus*, **224**, 1947, pp. 628-629) a indiqué un procédé de représentation.

(1) Séance du 16 juillet 1947. Cette Note fait suite à une communication publiée dans les *Comptes rendus* du 7 juillet 1947.

(2) Au sens de J. von Neumann, *Math. Ann.*, **102**, 1929, pp. 370-427.

(3) Cf. J. von Neumann et F. J. Murray, *Ann. of Math.*, **37**, 1936, pp. 110-229, où il est montré que l'existence de la *trace* pour *tous* les opérateurs bornés caractérise les espaces de dimension finie [cas (I_n)].

THÉORÈME 1. — *Toute représentation unitaire irréductible d'un groupe central est de dimension finie.*

De plus, on peut aussi prouver le

THÉORÈME 2. — *Il existe une correspondance biunivoque entre les caractères de* G *et les représentations unitaires irréductibles de* G (définies à une *équivalence* près); *si* $\hat{x}_{\mathcal{D}}$ *est le caractère associé à* $\mathcal{D}$, *on a*

$$(x, \hat{x}_{\mathcal{D}}) = \mathrm{Sp}(\mathrm{U}_x^{\mathcal{D}}) = \varphi_{\mathcal{D}}^{\natural}(x),$$

où $\varphi_{\mathcal{D}}$ *est une fonction élémentaire normée définissant* $\mathcal{D}$.

Ce théorème permet donc de définir une *topologie dans l'ensemble des représentations unitaires irréductibles de* G, à savoir celle qu'on obtient en *transportant* purement et simplement à cet ensemble la topologie de $\hat{G}$. Par ailleurs, on notera $\{\mathcal{H}^{\hat{x}}, \mathrm{U}_x^{\hat{x}}\}$ la représentation unitaire irréductible de G associée par le Théorème 2 au caractère $\hat{x} \in \hat{G}$.

2. Pour $f \in L^1$, on posera

$$\mathrm{T}_f^{\hat{x}} = \int \mathrm{U}_{x^{-1}}^{\hat{x}} f(x)\, dx, \qquad \hat{f}(\hat{x}) = \int f(x)\overline{(x, \hat{x})}\, dx, \qquad \hat{f}(x, \hat{x}) = \int_{G} f(x, y\,\overline{(y, \hat{x})}\, dy.$$

Il est clair que l'on a

$$\hat{f}(x, \hat{x}) = \mathrm{Sp}(\mathrm{T}_f^{\hat{x}}\mathrm{U}_x^{\hat{x}}), \qquad \hat{f}(\hat{x}) = \mathrm{Sp}(\mathrm{T}_f^{\hat{x}}) = \hat{f}(e, \hat{x}) = \widehat{f^{\natural}}(\hat{x}),$$

et que $\hat{f}(\hat{x})$ est continue sur $\hat{G}$, et *tend vers zéro à l'infini.*

Ceci étant, associons à la fonction $\hat{f}(\hat{x})$, pour laquelle nous supposons f continue, le nombre

$$\mathrm{I}(\hat{f}) = f(e);$$

on obtient, dans l'ensemble de ces $\hat{f}$, une fonctionnelle *linéaire* et *positive* [car $\hat{f} \geqq 0$ entraîne que $f^{\natural}$ soit *de type positif* d'où $f(e) = f^{\natural}(e) \geqq 0$]. Il n'est pas difficile de montrer que $\mathrm{I}(\hat{f})$ n'est autre qu'une *mesure de Radon* $\geqq 0$, et d'obtenir plus précisément le

THÉORÈME 3 (formule d'inversion de Fourier généralisée). — *Il existe sur* $\hat{G}$ *une mesure de Radon positive* $d\hat{x}$ *et une seule possédant les propriétés suivantes :*

1° *Pour toute fonction f sommable sur* G, *continue et combinaison linéaire de fonctions du type positif* (c'est-à-dire : $f \in \mathcal{V}^1$), *la fonction*

$$\hat{f}(x, \hat{x}) = \mathrm{Sp}(\mathrm{T}_f^{\hat{x}}\mathrm{U}_x^{\hat{x}})$$

est, pour chaque x, sommable sur $\hat{G}$ *pour* $d\hat{x}$.

2° *On a alors réciproquement*

$$f(x) = \int_{\hat{G}} \mathrm{Sp}(\mathrm{T}_f^{\hat{x}}\,\mathrm{U}_x^{\hat{x}})\, d\hat{x}.$$

Ces résultats contiennent à la fois la formule d'inversion classique (groupes

abéliens) et les formules de développement de F. Peter et H. Weyl (groupes *compacts*).

On remarquera (théorème 1) que tout groupe central est maximalement presque périodique (et donc, s'il est *connexe*, le produit direct d'un groupe abélien par un groupe compact), la réciproque n'étant pas vraie (contre exemple : le groupe modulaire arithmétique). Toutefois, il est extrêmement probable que nos résultats s'étendent à tout groupe maximalement presque périodique, bien que pour un tel groupe l'existence du *centre* de l'algèbre L^1 ne soit pas évidente, ni même certaine.

ASTROPHYSIQUE. — *Étude de la répartition des couleurs dans la nébuleuse spirale* M.51 (NGC.5194-5) *par la méthode des longueurs d'onde effectives stéréoscopiques.* Note (1) de M. **Jean Rösch**, présentée par M. Bernard Lyot.

La détermination de la couleur de chaque point d'une nébuleuse spirale présente un intérêt cosmogonique considérable, tant pour les indications qu'elle peut fournir sur la répartition des différents types spectraux et de la matière diffuse dans une galaxie, qu'en raison des remarques de Lindblad (2) selon lesquelles la connaissance de la répartition des couleurs permettrait de trancher la question délicate et essentielle du *sens de rotation* de ces objets.

La solution pratique du problème est malaisée. Une méthode surtout a été utilisée jusqu'ici : de plusieurs clichés pris dans des domaines spectraux différents, on déduit des indices de couleurs (3) (4) (5) (6). On doit se contenter, en général, de tracer des courbes isophotes assez peu détaillées, donc des isochromes encore plus incertaines.

Par ailleurs, Velghe (7) a mesuré les longueurs d'onde effectives de quelques condensations dans M.51 sur des clichés pris au travers d'une grille. Mais les parties diffuses échappent aux mesures de ce genre.

Je me suis proposé d'appliquer à cette étude la méthode stéréoscopique de détermination des longueurs d'onde effectives que j'ai décrite en 1942 (8). Je donne ci-après une *carte des couleurs* de M.51 d'après un cliché obtenu au télescope de 80^{cm} de l'Observatoire de Haute-Provence. Une autre plaque, obtenue dans des conditions différentes, donne bien une répartition de même

---

(1) Séance du 21 juillet 1947.

(2) *Arkiv for Matematik, Astronomi och Fysik*, **22**, A, n° 21, 1934; *Stockholms Observatoriums Annaler*, **12**, n° 4, 1936, p. 52; *Annales d'Astrophysique*, **1**, 1938, p. 173.

(3) Seares, *Proceed. Nation. Acad. Sciences*, **2**, 1916, p. 553.

(4) Carpenter, *Publ. Astron. Soc. of Pacific*, **43**, 1931, p. 294.

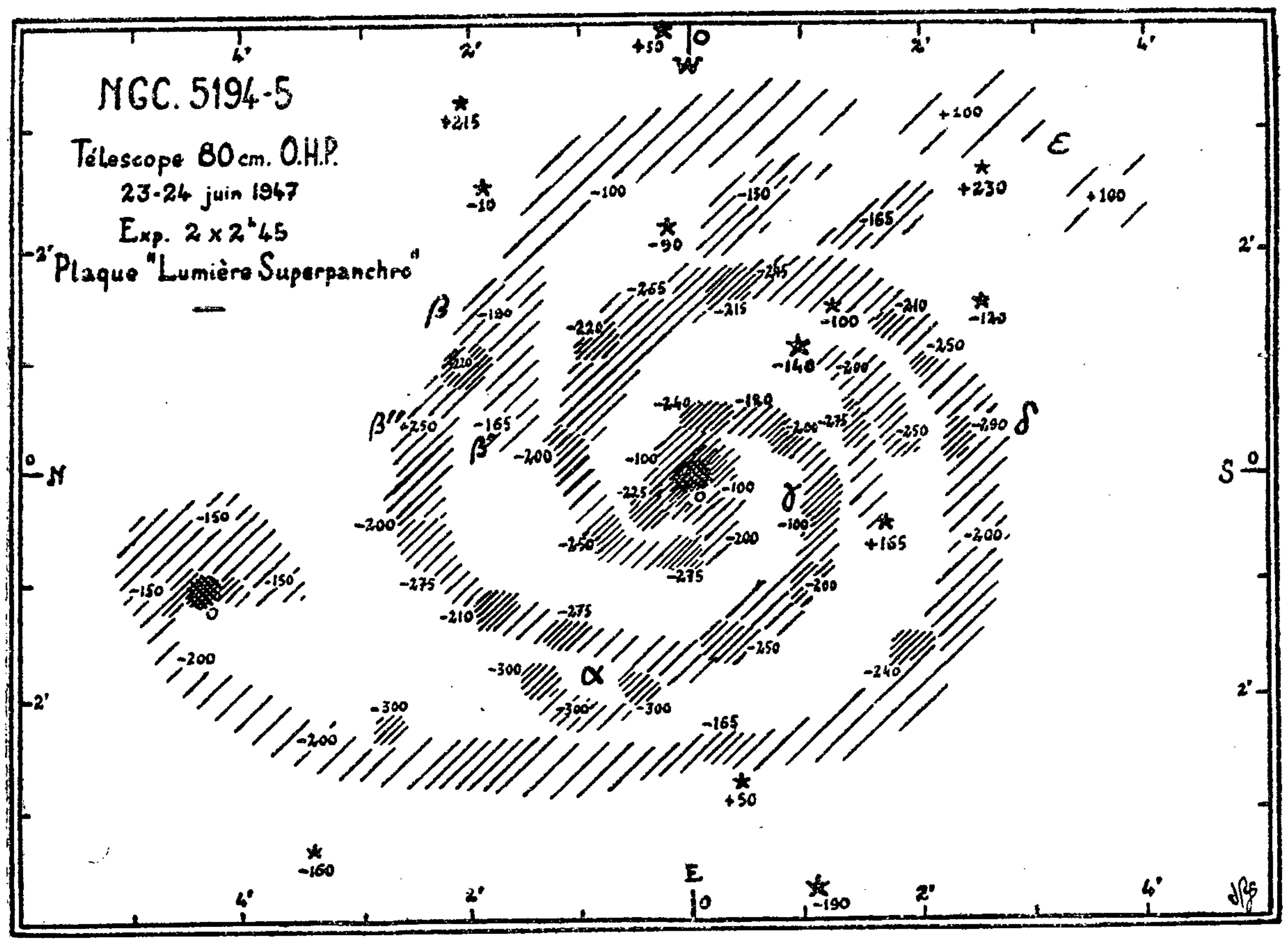
(5) Seyfert, *Astrophysical Journal*, **91**, 1940, p. 528.

(6) Lindblad, *Stockholms Observ. Ann.*, **13**, n° 8, 1941, et **14**, n° 3, 1942.

(7) *Mededeelingen van het Sterrenkundige Institut van Gent*, **11**, 1945.

(8) *Comptes rendus*, **214**, 1942, p. 789.

allure. Le cliché ayant été pris sans étalonnage, je me suis contenté de prendre comme zéro la lecture sur le noyau de NGC.5194 et de transformer les différences linéaires en admettant une dispersion moyenne de 2000 Å/mm.



Il semble qu'on puisse valablement tirer de ce premier essai les conclusions suivantes :

1° La différence bien connue entre les couleurs des noyaux et des bras apparaît au premier coup d'œil.

2° Les mesures de Velghe sur 7 condensations s'accordent assez bien avec les mesures stéréoscopiques correspondantes. Par contre, la comparaison avec les résultats de Seyfert ([5]) sur 6 condensations est décevante; mais on peut craindre l'influence sur ses mesures d'irrégularités locales.

3° Velghe estime que les nébulosités diffuses sont de même couleur que les condensations qu'elles entourent, et en déduit que ces condensations sont des amas d'étoiles éclairant la matière diffuse environnante. Je trouve, au contraire, des condensations plus rouges ou plus bleues que les régions voisines. Ce point très important méritera d'être précisé.

4° On ne voit pas de variation systématique nette de la longueur d'onde effective lorsqu'on s'éloigne du centre. La particularité la plus marquante est la couleur rouge de la région ε, qu'on soupçonne sur un tracé de Seyfert (*loc. cit.*, p, 536). Ce fait mérite la plus grande attention, car si cet exemple, relatif à une spirale vue de face, peut prouver que les couleurs *intrinsèques* diffèrent parfois beaucoup d'une région à une autre, il conviendra d'être prudent dans l'application des remarques de Lindblad.

La méthode doit fournir des résultats encore plus détaillés moyennant deux précautions :

a. Obtention d'au moins deux paires de poses, avec dispersions à angle droit, permettant la mesure de détails allongés, quelle que soit leur orientation;

b. Diminution de la dispersion jusqu'à 5 à 6 000 Å/mm, pour éviter la dilution des détails.

VISCOSITÉ. — *Limite à l'épaisseur des films liquides. Relation entre la viscosité et l'épaisseur minimum des films liquides.* Note (¹) de M. **André Marcelin**, présentée par M. Jean Cabannes.

Il est aisé, sous l'action d'une pression légère, d'écraser une goutte d'huile entre deux surfaces planes; cependant, on reconnaît qu'il est impossible de poursuivre l'écrasement au delà d'une limite correspondant, pour une huile de viscosité moyenne, à une épaisseur de l'ordre de quelques microns (généralement 1 ou 2^{μ}), mille fois supérieure aux dimensions moléculaires. Cette limite atteinte, le *film liquide minimum* se comporte, transversalement à son plan, comme une sorte de tapis de caoutchouc, et résiste sans s'écraser à des pressions pouvant atteindre ou même dépasser 100 kg/cm². Si l'on exerce une pression supérieure à cette charge critique de rupture (il s'agit d'un véritable point physique), le *film liquide minimum* s'écrase tout d'un coup et les surfaces qui le limitaient viennent en contact, ou plus exactement en pseudo-contact, puisque subsistent, adhérentes aux surfaces, quelques assises moléculaires formant des *stratofilms*.

Alors que les *stratofilms* assurent un glissement relatif des surfaces, onctueux, mais déjà très résistant, le *film liquide minimum* se comporte comme un fluide parfait et assure le glissement relatif sans frottement.

Les irrégularités de surfaces sont des amorces de rupture du *film liquide minimun*; un glissement relatif très lent évite la localisation des causes de rupture et améliore la stabilité du film; en l'absence d'un tel mouvement relatif, le *film liquide minimun*, sous 25^{kg} de charge, peut persister pendant plusieurs dizaines de secondes; il est d'autant plus stable que l'huile est plus visqueuse et que les surfaces sont mieux polies.

De même que les *stratofilms* paraissent comparables aux taches noires des bulles de savon, un rapprochement semble pouvoir être fait entre le *film liquide minimun* et la bulle de savon proprement dite.

L'épaisseur du *film liquide minimum*, ainsi que sa charge critique de rupture, ont été mesurées avec précision au moyen du microfilmomètre (²) dont l'organe

(¹) Séance du 21 juillet 1947.

(²) Centre de Perfectionnement Technique, Maison de la Chimie, Fasc. nº 1432, juin 1945.

essentiel est un calibre conique d'angle très faible, parfaitement usiné. L'émergence du cône lubrifié par rapport à son niveau dans le calibre, à sec, permet de mesurer l'épaisseur du film; en chargeant progressivement le cône tandis qu'il tourne lentement (1 tour/seconde) et cela jusqu'à ce que, tout d'un coup, le calibre se trouve bloqué, on obtient la charge critique de rupture du *film liquide minimum*.

Nous avons reconnu que l'épaisseur et la charge de rupture du *film liquide minimum* variaient dans le même sens que la viscosité, mais qu'à viscosité égale ces deux caractéristiques pouvaient avoir des valeurs différentes pour des lubrifiants d'origines différentes. Nous avons reconnu également que la propriété de former des *films liquides d'épaisseur minimum* appartenait, non pas seulement aux lubrifiants, mais, d'une façon générale, à tous les corps visqueux, tels par exemple que la glycérine, ce qui semble indiquer que la viscosité et la propriété de former des *films minimum* sont l'une et l'autre des manifestations de l'association moléculaire, le taux de l'association moléculaire étant fonction de la température.

Nous avons fait figurer dans un même tableau :

1° Les désignations de 6 lubrifiants de même origine, classés par ordre de viscosités croissantes : V_2-V_5-V_{10}-V_{15}-V_{20}-V_{40}.

2° Les viscosités de ces lubrifiants à la température de 15°C.

3° Les épaisseurs des *films liquides minimum* obtenus avec ces six lubrifiants.

4° Les produits des carrés de ces épaisseurs par un coefficient constant K.

En faisant $K = 2.10^{11}$, on obtient des nombres voisins de ceux qui mesurent les viscosités des 6 produits à la température de 15°.

Produits.	Viscosités à 15° en centistokes.	e Épaisseur du film liquide.	Ke^2 avec $K = 2.10^{11}$.
V_2..............	37	$0,15.10^{-4}$ cm	45
V_5..............	270	0,35	245
V_{10}..............	600	0,55	605
V_{15}..............	800	0,65	845
V_{20}..............	1500	0,85	1445
V_{40}..............	3500	1,2	2880

On peut en conclure, en première approximation, que l'épaisseur du *film liquide minimum*, pour des huiles minérales de même nature, et pour un champ d'observation très étendu allant de 37 à 3500 pour les viscosités, varie comme la racine carrée de la viscosité.

ÉLECTRICITÉ. — *Méthode pour la détermination de la constante de temps des résistances en basse fréquence.* Note (¹) de M. **Georges Ney**, présentée par M. René Barthélemy.

La connaissance de la réactance résiduelle des résistances est primordiale pour le constructeur et le chercheur de laboratoire. La méthode suivante permet de contrôler la constante de temps τ des résistances avec une erreur généralement de l'ordre 10^{-9} seconde.

Une résistance x possédant une self-inductance l et une capacité répartie c, peut être représentée en basse fréquence par le schéma de la figure 1, où

$$(1) \qquad \gamma = c - \frac{l}{x^2}, \qquad \tau = \gamma x.$$

Le pont de Schering de la figure 2 me permet de pratiquer une méthode de *demi-substitution*. L'équilibre se traduit par

$$(2) \qquad C = \frac{C_0}{P} Q, \qquad R = \frac{P}{C_0} C'.$$

Si l'impédance de la figure 1 est branchée entre a et b, l'équilibre peut se

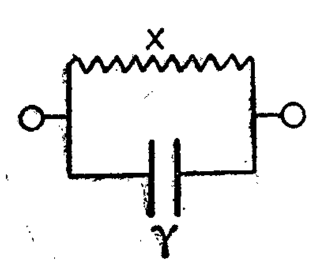


Fig. 1.

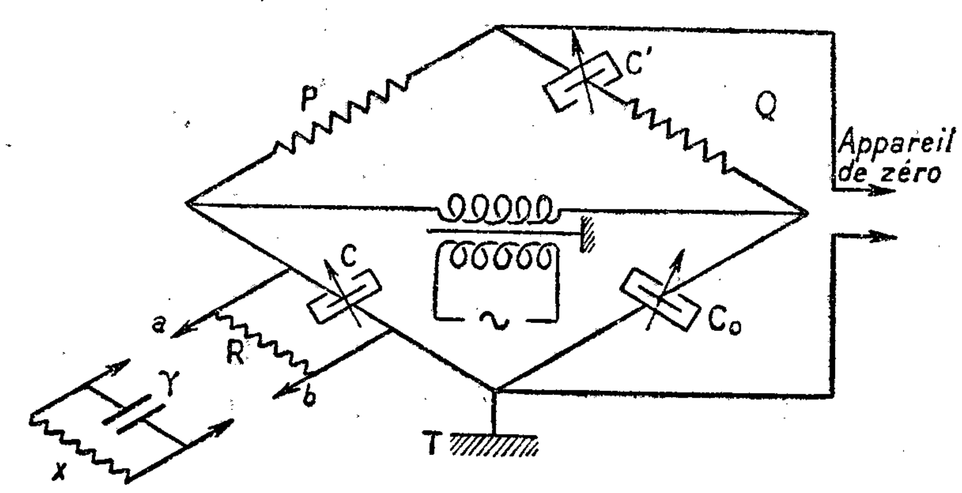


Fig. 2. — Montage utilisé dans le cas d'une résistance ayant une borne à la terre.

rétablir par la manœuvre des condensateurs C et C′, et l'on a

$$\gamma = -\Delta C, \qquad x = R\,\frac{C' + \Delta C'}{-\Delta C'}.$$

En réalité, l'angle de phase résiduel des impédances étalons est du même ordre que celui de la résistance à étudier, ce qui nous oblige à les mettre sous la forme

$$P(1 + j\,\delta_P), \qquad Q(1 + j\,\delta_Q), \qquad R(1 + j\,\delta_R),$$
$$-\frac{j}{C\omega}(1 + j\,\delta), \qquad -\frac{j}{C'\omega}(1 + j\,\delta'), \qquad -\frac{j}{C_0\omega}(1 + j\,\delta_0),$$

(¹) Séance du 7 juillet 1947.

où les δ désignent les angles de phase *parasites* des étalons, compte tenu des capacités par rapport à la terre. Une étude permet d'ailleurs de démontrer que celles-ci s'éliminent par différence au cours de deux équilibres successifs. Les conditions d'équilibre s'écrivent

$$(3)\quad \begin{cases} (\alpha) \quad C = \dfrac{Q}{P} C_0 + \dfrac{\delta' - \delta_0 + \delta_R - \delta_P}{R\omega}, \\ (\beta) \quad R = \dfrac{PC'}{C_0} \dfrac{1}{1 + QC'\omega(\delta_P - \delta_Q + \delta_0 - \delta)}. \end{cases}$$

Pour la mesure d'une capacité pure, on agit sur C, dont l'angle de perte δ peut varier au cours du réglage, mais comme il ne figure pas dans la formule 3α, *la diminution de* C *mesure effectivement la capacité inconnue*. Par contre, dans le cas d'une résistance pure, il faut agir non seulement sur C' mais aussi sur C, dont la variation ΔC peut se décomposer en un terme ΔC_γ servant à compenser la capacité à mesurer γ et un terme de correction ΔC_x dû aux angles de phase parasites des étalons.

De nombreuses mesures nous ont permis de constater que les résistances métallisées, bien connues en radioélectricité, consistant en un filet métallique mince déposé sur un isolant de 2 à 3^{cm} de longueur, possèdent des éléments répartis pratiquement négligeables [2]. Celles-ci suivent la loi d'Ohm jusqu'à des fréquences de plusieurs centaines de kc/s. Si nous réalisons l'équilibre avec une résistance x de capacité répartie γ ($\gamma < 0$ pour une résistance inductive), le fait de lui substituer une résistance métallisée de même valeur revient, en somme, à enlever la capacité pure γ, et l'équilibre se rétablit par une variation ΔC_γ de la capacité C. En d'autres termes, le faux-zéro est donné par la valeur de C correspondant à l'équilibre avec une résistance métallisée branchée à ses bornes.

Le tableau ci-dessous fournit quelques résultats expérimentaux obtenus à l'aide du montage décrit, l'appareil de zéro étant un téléphone précédé d'un amplificateur de mesures courant.

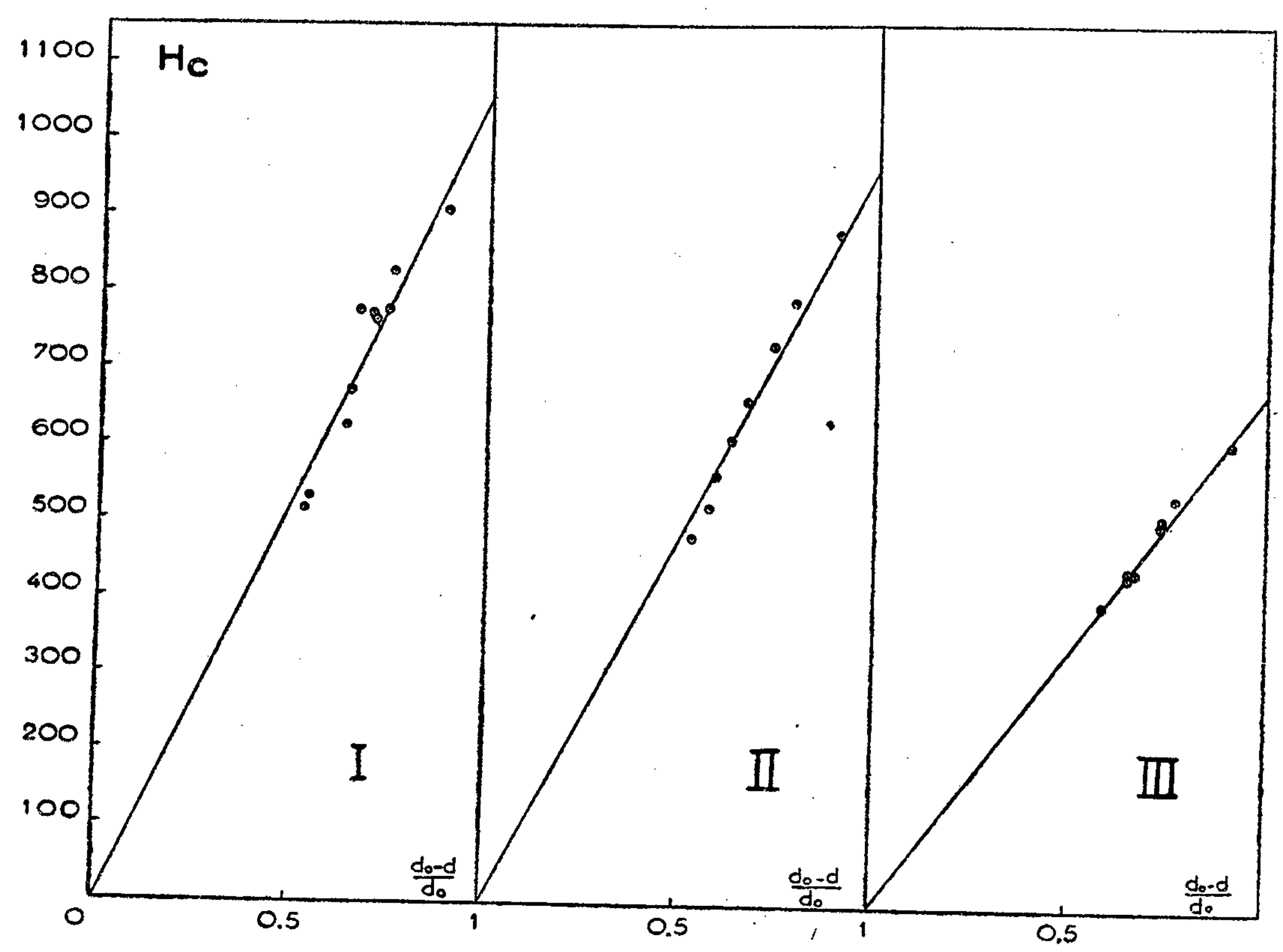
Résistance en ohms......	1.	1,8.	12.	37.	100.	520.	970.	2525.	5080.	49000.	100000.
Erreur de mesure sur la const. de temps en 10^{-10} sec.....	500	360	70	22	6	5	6	12	20	200	400

(2) γ est de l'ordre de 0,2 à 0,3 pF.

MAGNÉTISME. — *Variation du champ coercitif en fonction de la densité de poudres ferromagnétiques agglomérées.* Note [1] de M. **Louis Weil**, présentée par M. Aimé Cotton.

M. Néel a montré [2] qu'une poudre d'une substance ferromagnétique cubique, telle que le fer, composée de grains suffisamment fins, de l'ordre de quelques centaines d'angströms, devait posséder un champ coercitif important, de plusieurs centaines de gauss, provenant de l'anisotropie de forme des grains. Par agglomération de cette poudre, le champ coercitif doit diminuer à mesure que la densité de l'agglomérat augmente, selon la formule : $H_c = k(d - d_0)/d_0$, où k est une constante caractéristique de la poudre initiale infiniment diluée, d_0 la masse spécifique du métal massif et d la masse de ferromagnétique par centimètre cube de la poudre comprimée.

Nous avons vérifié cette loi avec des poudres de fer et de ferro-cobalt à 30 % de cobalt, obtenues par réduction à basse température, suivant la méthode décrite par MM. Néel, Weil et Aubry [3]. Pour tracer le cycle de la poudre non agglomérée, nous l'avons immobilisée dans de la paraffine. Les autres



échantillons ont été faits à des pressions variant de 0,5 à 6 t/cm². La teneur en métal de chaque échantillon a été déterminée par analyse chimique. Les champs coercitifs ont été mesurés à la balance de translation [4].

---

(1) Séance du 16 juillet 1947.

(2) *Comptes rendus*, 224, 1947 p. 1550.

(3) Brevet Français, déposé à Chambéry, le 7 avril 1942, n° 323.

(4) L. Weil, *Thèse*, Strasbourg, 1941.

Les résultats reportés sur la figure ont été obtenus avec trois lots de poudre préparés sans précautions spéciales. (I) et (II) sont des ferro-cobalts, (III) est une poudre de fer. Pour chacun des lots les points se groupent bien autour d'une droite; $H_c = k(d - d_0)/d_0$; les écarts sont dus, d'une part aux oxydes ferromagnétiques restant dans les poudres et que la méthode d'analyse utilisée ne sépare pas du métal, d'autre part aux altérations de forme et d'orientation que peut provoquer la compression.

Avec une dilution infinie, qu'il est d'ailleurs impossible d'atteindre expérimentalement puisque les particules élémentaires restent toujours agglomérées en amas spongieux de diamètre voisin du micron, on obtiendrait des champs coercitifs de 670 gauss pour le fer et de 1050 et 950 gauss pour les ferro-cobalts.

Si tous les grains de poudre possédaient des dimensions inférieures à une certaine valeur critique qui est voisine de 300 Å pour le fer, la constante k, c'est-à-dire le champ coercitif correspondant à la dilution infinie, prendrait une valeur théorique maximum égale à $0{,}817\,\mathcal{I}$, où $\mathcal{I}$ est l'aimantation à saturation du métal massif, soit 1 405 pour le fer et 1 535 pour le ferro-cobalt. Il paraît donc légitime d'attribuer les valeurs nettement plus faibles obtenues plus haut aux modes particuliers de préparation de la poudre, préparations effectuées en l'espèce sans précautions spéciales. Effectivement, en apportant à la préparation un soin particulier, il a été possible d'obtenir des poudres avec des champs coercitifs égaux à 1 075 gauss pour le fer et 1 230 gauss pour le ferro-cobalt, qui correspondent à des valeurs de k respectivement égales à 1 230 et 1 360 : ces valeurs sont inférieures de 15 % seulement aux valeurs calculées. Étant donné le caractère approximatif de la théorie, cet accord est satisfaisant.

SPECTROSCOPIE. — *Émission de l'oxyde de carbone à la suite d'une recombinaison atomique.* Note (1) de M. **Louis Herman** et Mme **Renée Herman**, présentée par M. Jean Cabannes.

Parmi les nombreux systèmes de bandes émis par la molécule neutre de l'oxyde de carbone, le système ($d^3\Pi - a^3\Pi$) dit *système des triplets* (2) présente certaines particularités qui n'ont pas été signalées jusqu'ici. Dans les conditions habituelles d'excitation, il apparaît seulement une douzaine de bandes correspondant à des valeurs de v' variant de 0 à 8; on n'observe pas de bandes pour $v' > 8$ en raison de la dissociation de CO à l'état $d^3\Pi$.

En choisissant convenablement les conditions expérimentales, il est possible de provoquer l'émission des bandes correspondant à des valeurs de v' supérieures à 9, c'est-à-dire à des niveaux situés au delà de la prédissociation. Un

(1) Séance du 28 mai 1947.

(2) Ces bandes ont été signalées pour la première fois par T. R. Merton et R. C. Johnson dans les *Proceedings of the Royal Society*, A **103**, 1923, p. 383 et partiellement analysées par L. Gerö et F. Szabo dans *Annalen der Physik*, **35**, 1939, p. 597.

tel phénomène a déjà été observé dans des conditions analogues, pour le système de Lyman de la molécule d'azote (³). Le nombre de bandes ainsi observées est alors très notablement accru. Dans le tableau I figurent les longueurs d'onde de toutes les bandes connues; celles qui sont relatives aux nouvelles bandes sont en caractères gras.

Les différences des nombres d'onde obtenues pour les valeurs élevées de v' à partir du tableau I s'écartent notablement des différences obtenues par extra-

TABLEAU I.

v'.	$v''=0$.	v'.	$v''=1$.	v'.	$v''=2$.	v'.	$v''=3$.	v'.	$v''=4$.	v'.	$v''=5$.
0...	6464,6	4...	5554,1	8...	**4935,5**	9...	–	14...	–	15...	masquée
	6433,1		5532,5		**4917,2**		–		**4460,4**		par CH
	6401,0		5508		**4897,5**		–		**4444,7**		
1...	6037,0	5...	5258,3	9...	**4716,6**	10...	**4886,8**			16...	**4446**
	6010,5		5238,4		–		**4869,3**				**4452**
	5982		5216		–		–				–
2...	5670,5	6...	4996,9	10...	**4520,7**	11...	**4680,3**				
	5647,6		4979,0		**4505,5**		–				
	5624		4959,0		**4488,4**		**4646,7**				
3...	5351,2	7...	4764,8	11...	**4343,8**	12...	**4494,4**				
	5330,5		4747,5		**4328,7**		**4478,8**				
	5308		4729		**4314,1**		**4462,9**				
4...	5070,9	8...	**4556,5**	12...	**4182,5**	13...	**4326**				
	5052,7		**4541,0**		**4171**		**4312**				
	5033		**4524,0**		**4157**		**4297**				
5...	4823,5	9...	**4369,9**	13...	**4036,4**						
	4806,7		–		**4023,7**						
	4787		**4339,4**		**4011**						
6...	4602,6	10...	**4201,5**								
	4586,4		**4188,4**								
	4571		**4174,6**								
7...	**4405,0**										
	4390,9										
	4374,0										
8...	**4227,2**										
	4213,7										
	4198,9										

TABLEAU II.

3.	4.	5.	6.	7.	8.
5428,3	5140,3	4885,0	–	4454,5	4270,8

polation de la formule de Gerö et Szabó pour les raies origines. Ces écarts

(³) R. HERMAN, *Thèse*, Paris, 1944.

semblent trop importants pour être dus uniquement aux déplacements des têtes de bandes par rapport aux origines.

Dans nos conditions expérimentales, les bandes à $v'=3$ sont fortement affaiblies, alors que dans une décharge à travers l'oxyde de carbone sous faible pression elles sont au contraire très intenses. Cet effet pourrait provenir de la dissociation de l'état $d^3\Pi$ ($v'=3$) en atomes C(^{1}D) et O(^{3}P) en accord avec la perturbation de structure observée par Gerö et Szabo (²).

Les bandes à $v'=9$ ont une faible intensité relative, par contre, les transitions provenant de $v'=10$ sont exaltées par rapport à celles qui correspondent à $v'=11$. Ce fait s'interprète aisément en admettant une superposition de deux effets :

1° La prédissociation de l'état $d^3\Pi$, facilitée sans doute par l'interaction avec l'état $e^3\Sigma$, entraîne un affaiblissement des bandes à $v'=9$, 10 et 11; les bandes à $v'>11$ augmentent d'intensité en raison de l'évanouissement de l'effet perturbateur.

2° La recombinaison de deux atomes C(^{3}P) et O(^{1}D), processus inverse de la prédissociation, conduit à la formation de l'état $d^3\Pi$($v'=10$) avec émission des bandes correspondantes.

En dehors des bandes ci-dessus on en trouve de nombreuses autres appartenant à des systèmes fort peu développés et qu'il est malaisé de classer avec certitude. Il semble bien toutefois que cinq d'entre elles forment une progression. A l'exception de 4271 et 4885 Å, elles ont déjà été signalées par Merton et Johnson qui ne les ont pas identifiées. L'ensemble de ces bandes est porté dans le tableau II.

Elles ressemblent aux bandes du système $d^3\Pi - a^3\Pi$, mais leurs têtes sont plus rapprochées et il n'est pas possible de les classer dans le tableau I. Leur niveau électronique supérieur serait identique au niveau supérieur du système des triplets et le niveau inférieur serait alors un nouveau niveau assez voisin de $a^3\Pi$.

IONS DANS LES GAZ. — *Sur une explication d'un phénomène d'induction électromagnétique dû aux ions négatifs.* Note (¹) de M. **Théodore V. Ionescu**, présentée par M. Aimé Cotton.

J'ai cherché l'explication du nouveau phénomène d'induction dont nous avons, M. V.-P. Mihul et moi-même, apporté la preuve expérimentale (²). Soit d'abord le cas simple d'un tube traversé par des électrons ayant une vitesse constante v, introduit dans la bobine d'un circuit oscillant et soumis à un champ magnétique H_0 parallèle à l'axe commun de la bobine et du tube. Soit à l'inté-

(¹) Séance du 30 juin 1947.

(²) *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 1349.

rieur du tube un anneau de rayon a, de surface ΔS; lorsque le flux magnétique qui traverse sa section πa^2 varie, il se produit une force électromotrice E, et un champ électrique h tel que $E = 2\pi a h$ agit sur les électrons. Dans un travail antérieur (*Bull. Sect. Sc. Académie Roumaine*, 28, n° 5) j'ai montré que si des électrons se trouvent dans un champ électrique de pulsation perpendiculaire à un champ magnétique H_0, ils se comportent dans le cas actuel comme s'ils faisaient partie de deux circuits électriques, dont les résistances R_1, R_2 sont égales et les réactances X_1, X_2 telles que

$$X_1 = \frac{2m}{Ne^2}\frac{2\pi a}{\Delta S}\left(\omega + \frac{e}{m}H_0\right), \qquad X_2 = \frac{2m}{Ne^2}\frac{2\pi a}{\Delta S}\left(\omega - \frac{e}{m}H_0\right).$$

En appelant R la résistance et X la réactance du résonateur M, le coefficient d'induction mutuelle entre la bobine du résonateur et le tube, I le courant circulant dans le résonateur, I_1 et I_2 les courants qui circulent dans les deux circuits où les électrons ont la même vitesse d'ensemble v, on peut écrire la relation

$$\frac{d}{dt}(MI) = j\omega I + \frac{dM}{dt}I = j\omega I + \frac{dM}{dx}vI,$$

et les deux relations identiques où I est remplacé par I_1 et I_2.

L'intensité du courant dans le résonateur sera donnée par

$$I = \frac{E}{R + \left[M^2\omega^2 - \left(\frac{dM}{dx}v\right)^2\right]\left(\frac{R_1}{R_1^2 + X_1^2} + \frac{R_2}{R_2^2 + X_2^2}\right) - 2M\omega\frac{dM}{dx}v\left[\frac{X_1}{X_1^2 + R_1^2} + \frac{X_2}{X_2^2 + R_2^2}\right]},$$

car par une variation de la capacité du résonateur on peut annuler la réactance de celui-ci. Pour des valeurs convenables de v et ω, le courant I dans le résonateur peut augmenter considérablement; l'énergie est empruntée aux électrons en mouvement.

Considérons maintenant le cas des électrons négatifs. J'ai montré que dans l'espace sombre de Faraday on trouve, outre des électrons, d'autres ions négatifs, ayant une période propre de vibration. Les fréqences de ces vibrations sont égales aux fréquences de précession des électrons attachés aux molécules dans le champ magnétique moléculaire. Dans le cas de l'hydrogène, ce champ est produit par le moment magnétique des protons dans la position parallèle. Pour chaque état de rotation de la molécule, il existera un champ magnétique H_n bien déterminé. Nous aurons donc un spectre de fréquence ([3]). Les champs H_n seront orientés dans toutes les directions, mais il existera toujours une composante du champ magnétique du résonateur perpendiculaire au champ H_n, qui modifiera l'angle de précession que le moment cinétique de l'électron fait avec le champ H_n. Pour une moitié des ions, cet angle aug-

---

([3]) Th. V. Ionescu, *Comptes rendus*, **210**, 1940, p. 699.
([4]) Th. V. Ionescu, *Comptes rendus*, **218**, 1944, p. 230.

mentera, pour l'autre, il diminuera. Si ω est égal à $(e/m)H_n$, ces variations passeront par un maximum et il apparaîtra dans l'ensemble des ions négatifs deux moments oscillants. Soient I_{n_1} et I_{n_2} les courants qui pourront produire des moments magnétiques égaux à ceux qui prennent naissance dans le tube. Dans ce cas nous aurons pour I une expression analogue à celle donnée plus haut, seulement ω_n remplacera ω_{H_0} et le coefficient de frottement des ions négatifs μ_n prendra la place de μ. L'effet total sera la somme des effets produits par les ions négatifs et par les électrons libres. Pour ces derniers, ω_{H_0} peut être égal à o. La densité des ions négatifs N_n et des électrons varie dans le tube en fonction de l'intensité du courant qui passe dans le tube ([4]). En même temps N_n varie le long du tube et dans ce cas on peut écrire

$$\frac{dM}{dt} = \frac{dM}{dN_n}\frac{dN_n}{dx}v;$$

et cette expression peut avoir des valeurs considérables, vu que pour les ions négatifs v est de l'ordre de 10 cm/sec.

Pour les valeurs convenables de l'intensité du courant qui passe dans le tube, le premier crochet au dénominateur de l'expression de I

$$\left[M^2\omega^2 - \left(\frac{dM}{dN_n}\frac{dN_n}{dx}v\right)^2\right]$$

peut devenir négatif, et si $\omega = \omega_n$ nous aurons une forte augmentation de courant I. Le troisième terme du dénominateur peut affecter ce maximum et lui donner la forme d'une dent qui s'observe quelquefois sur les courbes publiées.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur le fractionnement chromatographique de quelques élastomères synthétiques*. Note de M. **Ivan Landler**, présentée par M. Jean Cabannes.

Mark et Saïto ([1]) ont été les premiers à fractionner un haut polymère (l'acétate de cellulose) par adsorption chromatographique sur du charbon de sang. Ils ont trouvé que les molécules de bas poids moléculaire étaient adsorbées les premières, et que le poids moléculaire moyen du produit non adsorbé était supérieur au poids moléculaire initial. Levi et Giera ([2]) ont confirmé ce résultat mais n'ont pas réussi à fractionner le Buna S ni le polyisoprène, ces polymères étant élués au cours du lavage de la colonne par le solvant.

Nous avons repris ces expériences sur des élastomères synthétiques commerciaux : G.R.S. (butadiène-styrolène), Perbunan N-(butadiène-acrylonitrile) et Vistanex (polyisobutylène). Le polymère était adsorbé à partir d'un *mauvais solvant* constitué par un mélange de toluène et d'alcool méthylique, la quantité d'alcool ajoutée étant juste inférieure au seuil de précipitation. Nous

([1]) *Monats. f. Chem.*, 68, 1936, p. 237.

([2]) *Gazz. Chim.*, 67, 1937, p. 719.

utilisions comme adsorbant un mélange de noir de fumée (80 m²/g) (75 %) et de charbon actif en morceaux (25 %). Ce dernier servait à prévenir une agglomération du noir de fumée. L'adsorbant était partagé en trois couches de 10g chacune. Le tube était terminé par un filtre en verre fritté. La filtration étant effectuée sous pression, la vitesse d'écoulement était ainsi maintenue constante. Le polymère a été caractérisé par sa viscosité intrinsèque. Le poids moléculaire, évalué à l'aide de la relation expérimentale entre le poids moléculaire et la viscosité ([3]), ne possède qu'une valeur indicative, la relation n'étant valable que pour des fractions étroites.

Après filtration, la colonne était lavée par un mélange de composition identique à celle de la solution initiale, jusqu'à ce que le liquide de lavage ne contienne plus de polymère. Les trois couches d'adsorbant étaient ensuite séparées et éluées avec de *bons solvants* (toluène, tétrachlorure de carbone, benzène, etc.) et le noir de fumée entraîné était éliminé par centrifugation.

	Polyisobutylène $c = 2,5$ g/l.			Perbunan $c = 4,3$ g/l.			G. R. S. $c = 2,01$ g/l.			G. R. S. $c = 6,5$ g/l.			G. R. S. $c = 15$ g/l.		
	(η).	$M.10^{-3}$.	(%).	(η).	$M.10^{-3}$.	(%).	(η).	$M.10^{-3}$.	(%).	(η).	$M.10^{-3}$.	(%).	(η).	$M.10^{-3}$.	(%).
I....	0,134	650	100	0,174	420	100	0,248	700	100	0,248	700	100	0,248	700	100
II....	0,080	275	3,5	0,007	1,8	28,3	0,056	65	2,3	0,096	140	4,7	0,198	500	14,25
III....	0,120	530	5,1	0,014	5,5	9,6	0,088	130	2,8	0,103	160	5,6	0,186	430	12,55
IV....	0,135	650	4,1	0,032	22	6,1	0,153	330	3,2	0,116	210	6,3	0,151	300	11,9
V....	0,140	680	80,6	0,150	300	52,2	0,200	500	89,7	0,196	450	69,4	0,180	420	52,2
VI....	–	–	6,7	–	–	3,8	–	–	2,0	–	–	14,2	–	–	9,1

I. Solution initiale; II. Couche supérieure; III. Couche moyenne; IV. Couche inférieure; V. Solution ayant traversé la colonne; VI. Non récupéré.

Les conclusions suivantes peuvent être tirées de nos résultats :

1° Un fractionnement des élastomères par adsorption chromatographique est possible.

2° Aux faibles concentrations les polymères de bas poids moléculaires sont adsorbés les premiers. Aux concentrations plus élevées, c'est l'inverse qui se produit.

3° Les polymères non saturés sont dégradés au cours de la filtration, le poids moléculaire moyen après filtration étant plus faible que dans la solution initiale.

4° Le pourcentage de polymère adsorbé croît avec la concentration de la solution.

5° Le polymère non récupéré correspond d'une part à des pertes au cours du traitement et d'autre part au polymère fixé sur adsorbant par une liaison chimique.

Le fait le plus frappant est l'adsorption préférentielle de molécules de bas poids moléculaire aux faibles concentrations. L'explication théorique complète de ce phénomène est difficile à donner. Nous pensons que ce fait serait dû à la

([3]) R.-L. Scott et Magat, *J. Am. Chem. Soc.* (à paraître).

compétition pour l'adsorption entre solvant et polymère, de sorte qu'il n'arrive pratiquement jamais qu'une molécule de polymère soit adsorbée sur toute sa longueur. En général un même nombre de chaînons sera adsorbé à la suite et les molécules seront retenues à la surface avec la même énergie quelle que soit leur longueur. D'autre part l'énergie cinétique nécessaire pour les détacher sera plus facilement accumulée par une chaîne longue que par une chaîne plus courte, celle-ci sera donc adsorbée de préférence.

Quand la concentration en polymère augmente, le nombre de cas où une chaîne est adsorbée en deux ou plusieurs endroits différents, va augmenter aussi. Cette adsorption multiple sera d'autant plus probable que la chaîne sera plus longue. La situation sera donc inversée et les molécules de hauts poids moléculaires seront absorbées de préférence. Comme la viscosité mesure le poids moléculaire moyen, l'adsorption des molécules de bas poids moléculaire qui persiste en partie se trouve alors masquée par cette adsorption multiple.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Étude de la thixotropie à l'aide d'un viscosimètre à cylindres coaxiaux*. Note [1] de MM. **Félix Kauer** et **Bernard Persoz**, transmise par M. Louis Hackspill.

1. L'appareil utilisé est un viscosimètre du type Couette, modifié pour effectuer des mesures à vitesse variable.

Les premières expériences que nous rapportons ici ont été effectuées sur une suspension aqueuse de bentonite à 7 %, à la température de 27° C.

2. Une première expérience est la suivante :

La suspension est versée dans l'espace compris entre la cuve et le plongeur et après un repos d'une durée déterminée, l'appareil est mis en marche à une vitesse de rotation constante. Le moment du couple, initialement très grand, décroît progressivement en fonction du temps pour tendre vers une limite.

Ce phénomène est caractéristique de la thixotropie. Une sorte de « structure » se forme au repos, puis elle est progressivement brisée par l'agitation. La valeur maximum du couple est une fonction croissante du temps de repos qui précède l'expérience. La valeur limite atteinte n'est plus fonction que de la vitesse de rotation.

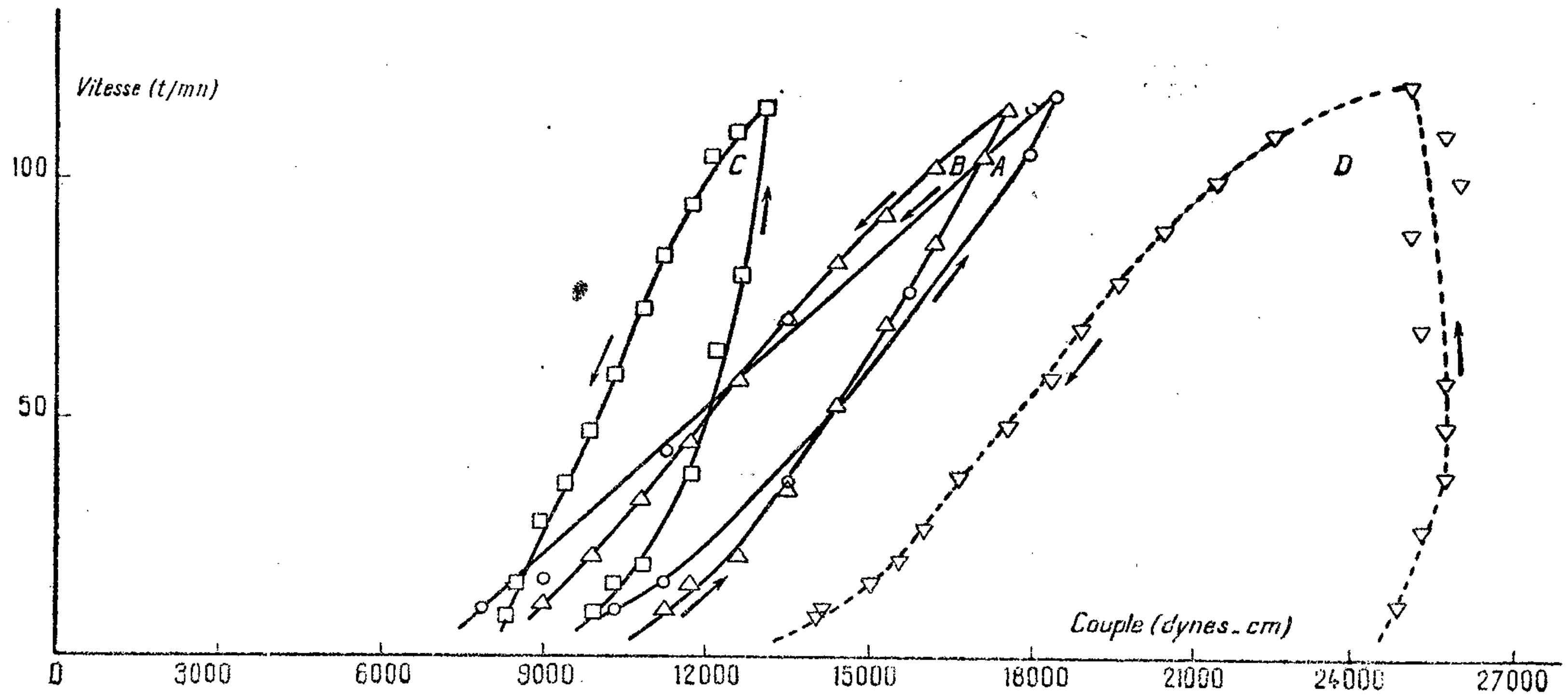
3. En faisant croître puis décroître la vitesse de rotation, on observe pour chaque valeur de cette vitesse, un couple plus faible au retour qu'à l'aller. Sur le graphique, vitesse-couple, cet effet se traduit par une courbe de retour distincte de celle d'aller. L'ensemble de ces deux courbes a été nommé cycle d'hystérésis par Green et ses collaborateurs [2]. Ces auteurs constatent que si, à un instant donné, par exemple au sommet du cycle, on stabilise la vitesse de rotation, le point représentatif se déplace dans le sens des couples décroissants, ce qui correspond à peu près au phénomène décrit en 2.

---

(1) Séance du 7 juillet 1947.

(2) *Ind. Eng. Chem. A. Ed.* 14, n° 7, 1942, pp. 576, 585.

Pour une même durée du repos préalable, il nous a paru intéressant de décrire le cycle en des temps différents ou, en d'autres termes, de faire varier



	Repos préalable.	Temps de parcours du cycle.
A.........	10 minutes	1 min. 58 sec.
B.........	10 »	4 min.
C.........	10 »	27 min. 15 sec.
D.........	18 heures	4 min.

Boucles d'hystérésis à accélération variable.

l'accélération angulaire, positive, puis négative, de la cuve. Exemple : cycle A décrit entièrement en 1^m58^s; cycle B en 4^m; cycle C en 27^m15^s. Nous avons constaté que :

a. Les directions générales des cycles sont différentes, les cycles lents tendant à être parallèles à l'axe des vitesses et les cycles rapides parallèles à à celui des couples.

b. Les cycles lents ne sont pas beaucoup plus étroits que les cycles rapides.

c. La base du cycle (intersections avec l'axe des couples) est approximativement indépendante du temps mis à le décrire.

La durée du repos préalable a une grande influence sur l'allure des phénomènes observés : le cycle D a été parcouru en 4 minutes après un repos de 18 heures.

4. Il y aurait intérêt, pour chaque substance, à tracer la courbe de la charge de rupture (mesurée statiquement) en fonction du temps, de repos ainsi que la courbe du couple limite en fonction de la vitesse de la rotation (première expérience).

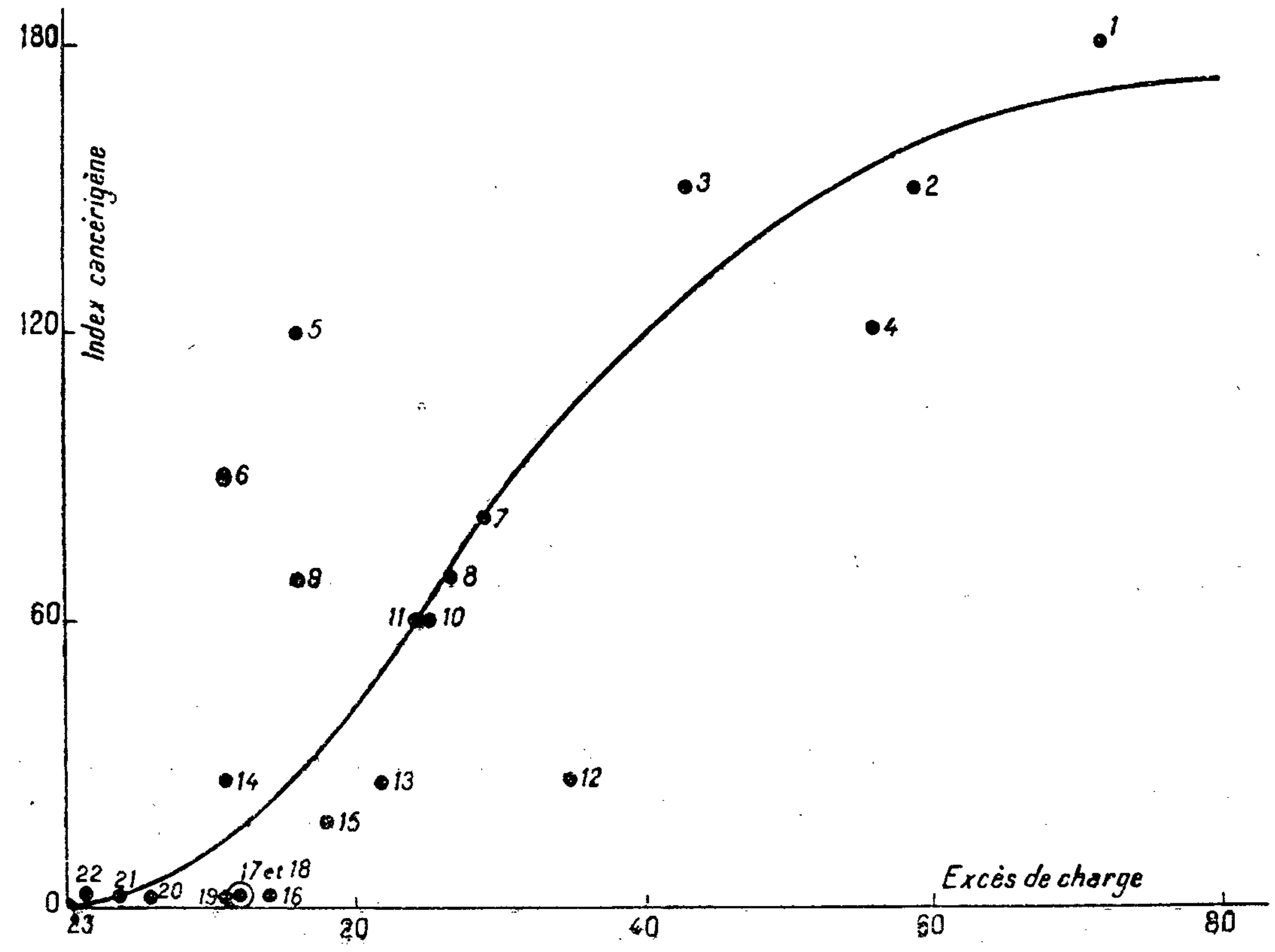
Ces données, jointes aux cycles faisant l'objet de la deuxième expérience, permettraient, si elles étaient en nombre suffisant, de dégager des lois générales et de définir quantitativement la thixotropie d'une substance à l'aide d'un petit nombre de paramètres.

CHIMIE THÉORIQUE. — *Sur une tentative de prévision du pouvoir cancérigène des substances chimiques.* Note ([1]) de M. **Buu Hoï**, Mme **Pascaline Daudel**, MM. **Raymond Daudel**, **Antoine Lacassagne**, **Jean Lecocq**, Mlle **Monique Martin** et M. **Georges Rudali**.

Otto Schmidt ([2]) a imaginé que les propriétés cancérigènes des substances chimiques résultaient de la présence d'une région riche en électrons π dans les molécules de celles-ci.

Svartholm ([2]) a pensé que cette région devait aussi posséder des propriétés additives.

A l'aide de la méthode des diagrammes moléculaires, R. Daudel et



Relation entre l'excès de charge et l'index expérimental.

1. 6.5.9.10 M B An. — 2. 5.9.10 M B An. — 3. 9.10 M B An. — 4. 6.9.10 M B An. — 5. 9 M B An. — 6. 10 M 7-8 B Ac. — 7. 5.6 M B An. — 8. 10 M B An. — 9. 5 M B An. — 10. 2.10 M 7-8 B Ac. — 11. 3,10 M 7-8 B Ac. — 12. 1,3.10 M 7-8 B Ac. — 13. 1.10 M 7-8 B Ac. — 14. 3 M 10 E 7-8 B Ac. — 15. 1.3.10 M 5-6 B Ac. — 16. 7 M B An. — 17. 2 M 10 E 7-8 B Ac. — 18. 2 Cl 10 E 7-8 B Ac. — 19. 8 M B An. — 20. 1.10 M 5-6 B. Ac. — 21. 2.10 M 5-6 B Ac. — 22. B An. — 23. 5-8 M B An.

A. Pullman ([2']) ont insisté sur la richesse en électrons π de la région mésophénanthrénique du benzanthracène. Étudiant, selon cette même méthode, les dérivés de cette substance, A. Pullman a effectivement observé une relation entre la charge de cette région et les propriétés cancérigènes ([2'']).

Depuis ces travaux cette dernière méthode a subi quelques évolutions ([3]) et

([1]) Séance du 7 juillet 1947.

([2]) Pour la bibliographie voir R. Daudel, *Revue scientifique*, 84, 1946, pp. 37 à 42.

([2']) *Comptes rendus*, 220, 1945, p. 888.

([2'']) *Thèse*, Paris, 1946 (*Annales de Chimie*, 1947, p. 1).

([3]) P. Daudel, R. Daudel, R. Jacques et M. Jean, *Revue scientifique*, 84, 1946, pp. 489 à 492.

ses récents résultats ont été confirmés par des travaux théoriques effectués selon d'autres voies ([4]). Il a été notamment montré ([5]) que l'influence d'un substituant perturbe à la fois les trois groupes de grandeurs caractéristiques d'une liaison ([6]).

Ici nous donnons, compte tenu de ces nouveaux résultats, *une courbe reliant l'index cancérigène déterminé expérimentalement* ([7]) *et l'excès de charge électrique apporté sur la région mésophénanthrénique par les substituants et les hétéroatomes* pour une série de 12 dérivés du benzanthracène, 8 dérivés de la 7.8-benzacridine et 3 dérivés de la 5.6-benzacridine.

La méthode utilisée ([8]) pour calculer ces charges est loin d'être excellente. Il semble cependant qu'on puisse avoir une certaine confiance dans l'ordre des effets qu'elle indique.

Les nombres expérimentaux, eux-mêmes déterminés sur un assez petit nombre d'individus, ne sont pas connus avec une très grande précision. Cependant on retrouve une allure générale indiquant une augmentation du pouvoir cancérigène avec l'excès de charge considéré.

On peut tenter d'utiliser cette courbe pour prévoir avant l'expérience l'index cancérigène de dérivés de la même famille. Voici ce que donne cette tentative effectuée sur une série de telles substances.

Nom de la substance.	Excès de charge.	Index prévu.	Nom de la substance.	Excès de charge.	Index prévu.
5-6 B. Ac....	—27	0	1- 3M 7-8 B. Ac....	8	12
7-8 »	—16	0	1- 2M 7-8 »	9	12
2M 5-6 »	—14	0	2- 3M 7-8 »	11	15
3M 5-6 »	—13	0	6M B. An.......	13	24
1M 5-6 »	—11	0	6- 8 »	24	70
10M 5-6 »	—11	0	7- 8 »	25	70
1M 7-8 »	— 5	0	6- 7 »	27	70
3M 7-8 »	— 3	0	8- 9 »	27	70
2M 7-8 »	— 2	0	6- 9 »	29	90
2- 3M 5-6 »	0	0	5- 7 »	30	90
1- 2M 5-6 »	2	4	5- 9 »	32	90
1- 3M 5-6 »	3	6	8-10 »	38	120
3-10M 5-6 »	3	6	7-10 »	41	120
			5-10 »	43	120

B. Ac = Benzacridine; M = Méthyle; E = Éthyle; B. An = Benzanthracène. La numération est celle habituellement utilisée par M. Buu Hoï. Les excès de charge sont en millièmes d'électron.

Il resterait à effectuer des expériences dans le but de voir si ces résultats se confirment. Il ne faut d'ailleurs s'attendre qu'à trouver, tout au plus, un accord

([4]) C. Coulson, P. Daudel et R. Daudel, *Revue scientifique*, **84**, 1946, pp. 37 à 42.

([5]) R. Daudel, *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 1014.

([6]) P. Daudel, *Comptes rendus*, **223**, 1946, pp. 947-948.

([7]) A. Lacassagne, N. P. Buu Hoï, J. Lecocq et G. Rudali, *Bull. Assoc. Franç. Étude du Cancer*, 33, 1946, pp. 48-58; *id.* 1947 (sous presse); G. M. Badger, J. W. Cook, C. L. Hewett, E. L. Kennaway, N. M. Kennaway, R. H. Martin et Robinson, *Proceedings of the Royal Society*, série B, **129**, 1940, pp. 439-467.

([8]) R. Daudel, *Revue scientifique*, **84**, 1946, pp. 229-230.

d'ensemble. Si même il était établi que le facteur charge existe (ce qui en toute rigueur reste à prouver par les expériences précitées, car il se peut que nos résultats ne soient que de simples coïncidences), il ne serait sûrement pas le seul, l'effet additif est à considérer et bien d'autres facteurs jusqu'alors insoupçonnés peuvent intervenir.

CHIMIE MINÉRALE. — *Influence de l'état physique sur la vitesse de réaction entre oxydes métalliques en présence de vapeur d'eau.* Note [1] de MM. **Hubert Forestier** et **Charles Haasser**, présentée par M. Paul Lebeau.

Nous avons récemment [2] mis en évidence l'influence de la vapeur d'eau sur les vitesses de réactions entre l'oxyde de fer (III) et différents oxydes métalliques.

Parallèlement aux mesures magnétiques utilisées pour déterminer les teneurs en produits formés au cours de ces différentes réactions, nous avons fait une étude rœntgenographique sur l'état physique des oxydes utilisés :

1° L'oxyde NiO, presque amorphe avant recuit, atteint, après un recuit à 415°, un état cristallin très imparfait, comme en témoignent les raies larges et floues du diagramme.

2° L'oxyde MgO, après dessiccation à 100° dans un vide de 10^{-5} mm Hg, donne le diagramme caractéristique de l'hydrate $Mg(OH)^2$ (brucite). Après un recuit à 415° dans l'air, la brucite s'est transformée en MgO anhydre, mais dans un état cristallin à éléments très fins, d'après la largeur des raies du diagramme.

Par contre, un recuit à 415° *dans la vapeur d'eau* maintient la structure de l'hydrate $Mg(OH)^2$.

3° Le diagramme de l'oxyde de plomb, obtenu après précipitation met en évidence la présence d'un hydrate déjà bien cristallisé. Un recuit à 415° dans l'air, comme dans la vapeur d'eau, le transforme en PbO anhydre.

4° Pour les produits (C) le diagramme des différents oxydes nous montre que nous sommes en présence d'échantillons bien cristallisés.

L'ensemble de nos résultats peut s'expliquer par les hypothèses suivantes :

1° Pour (A) NiO, l'état quasi colloïdal de NiO et la perfection du mélange obtenu par précipitation simultanée facilitent considérablement la réaction, et nous atteignons déjà un pourcentage élevé de produit combiné après recuit à l'air. L'influence de la vapeur d'eau est alors moins sensible que dans le cas du (B) NiO, étant donné l'épaisseur de ferrite déjà atteinte dans le premier cas.

2° Pour (B) NiO, on peut admettre que les contacts entre les deux oxydes étant moins parfaits que pour le produit (A), le pourcentage du produit combiné pendant un recuit à l'air est relativement peu important, d'où une influence plus marquée de la vapeur d'eau, et ceci d'autant plus que le NiO a, par suite de son état physique, une capacité d'adsorption considérable.

(1) Séance du 16 juillet 1947.

(2) *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 188.

3° Pour (A) MgO, nous observons par contre le maintien de l'hydrate à 415° dans la vapeur d'eau, ce qui est susceptible de faciliter beaucoup la réaction entre les deux oxydes.

4° Le produit (B) MgO se trouve dans les mêmes conditions que le produit (A). L'influence de la vapeur d'eau est donc du même ordre de grandeur.

5° Pour (A) PbO, nous nous trouvons dans des conditions à peu près analogues à (A) NiO, la vapeur d'eau agissant seulement par l'intermédiaire du phénomène d'adsorption, d'où un chiffre du même ordre de grandeur.

6° (B) PbO ne donnant pas d'hydrate et étant déjà bien cristallisé nous devons nous rapprocher du (C) PbO; effectivement, on constate que le pourcentage de produit combiné dans la vapeur d'eau est faible (sa capacité d'adsorption étant plus faible).

7° Pour tous les produits (C), les états physiques sont identiques. La vapeur d'eau ne peut intervenir que par l'intermédiaire des phénomènes d'adsorption (la formation de brucite est très faible pour MgO), et ces produits étant bien cristallisés en éléments déjà relativement gros, *l'adsorption doit être plus faible que pour les produits* (A) *et* (B), d'où une influence moindre de la vapeur d'eau.

Nous sommes donc conduits à supposer, d'après ces résultats, que l'influence de l'eau sur les réactions entre corps solides est d'autant plus forte que la surface des corps réagissants a une plus grande tendance à retenir l'eau, soit par adsorption, soit par formation d'un composé hydraté.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur un mode de formation d'alumine hydratée par électrolyse*. Note (¹) de Mlle **Marthe Berges**, présentée par M. Pierre Jolibois.

L'alumine hydratée pure n'est obtenue par précipitation sous forme cristalline que par de longues manipulations (²).

Il nous a été possible de l'obtenir en employant une méthode électrolytique déjà signalée (³). Elle utilise l'action d'un courant continu sous haute tension sur une solution saline où il sépare les oxydes acide et basique et les transporte respectivement à l'anode et à la cathode.

L'électrolyse est effectuée avec une solution de nitrate d'aluminium introduite du côté de l'anode. La cathode qui est un fil de platine plonge dans l'eau distillée et l'alumine précipite au sein de cette eau pure. Le courant a les caractéristiques suivantes : 15 à 20 milliampères sous une tension de l'ordre de de 100 à 200 volts.

L'alumine précipitée se présente en masses compactes d'abord adhérentes à la cathode et se déposant ensuite au fond du tube.

(¹) Séance du 7 juillet 1947.

(²) Wohler, *Liebigs Ann.*, **113**, 1859, p. 249; Bullo, *Bull. Soc. Chim.*, [2], 5, 1866, p. 78; Schloesing, *Traité d'analyse de Grandeau*, Paris, 1877; Fricke, *Zeit. f. anorg. Chem*, **166**, 1927, 244; **175**, 1928, p. 249.

(³) P. Jolibois et M. Bergès, *Comptes rendus*, **224** 1947, p. 78.

Cette alumine recueillie, et séchée dans le vide phosphorique à froid, est examinée :

1° aux rayons X qui montrent son état cristallin;

2° à la thermobalance de Chévenard qui donne la perte de poids en fonction de la température et du temps.

Dans ce dernier cas, l'examen du produit simplement séché à froid montre qu'il retient de l'eau d'imbibition, laquelle part presque dès le début du chauffage. Ce premier départ n'est pas complètement terminé quand commence le départ d'eau d'hydratation; celui-ci est très accentué de 225° à 325°, subit un ralentissement ensuite pour se terminer vers 800°.

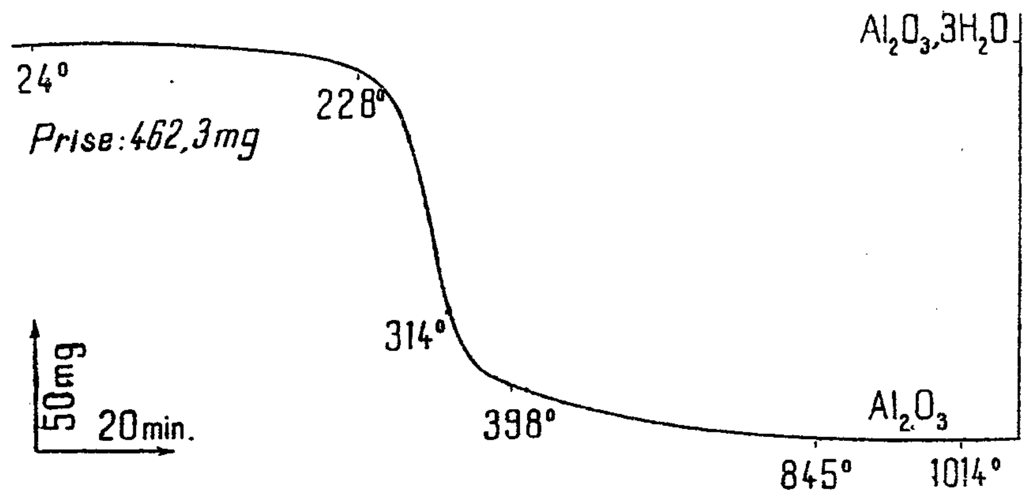


Fig. 1. — Analyse thermogravimétrique de l'alumine hydratée précipitée par électrolyse.

Pour l'alumine séchée d'abord à froid puis chauffée à l'étuve à 100° jusqu'à poids constant, l'étude à la thermobalance ne révèle qu'un départ d'eau d'abord très rapide de 225° à 325°, ensuite plus lent jusqu'à 800° (*fig.* 1).

La perte théorique d'eau correspondant à la formule $Al_2O_3.3H_2O$ est de 34,6 % ; la déshydratation thermique que nous avons faite donne 34,7 %.

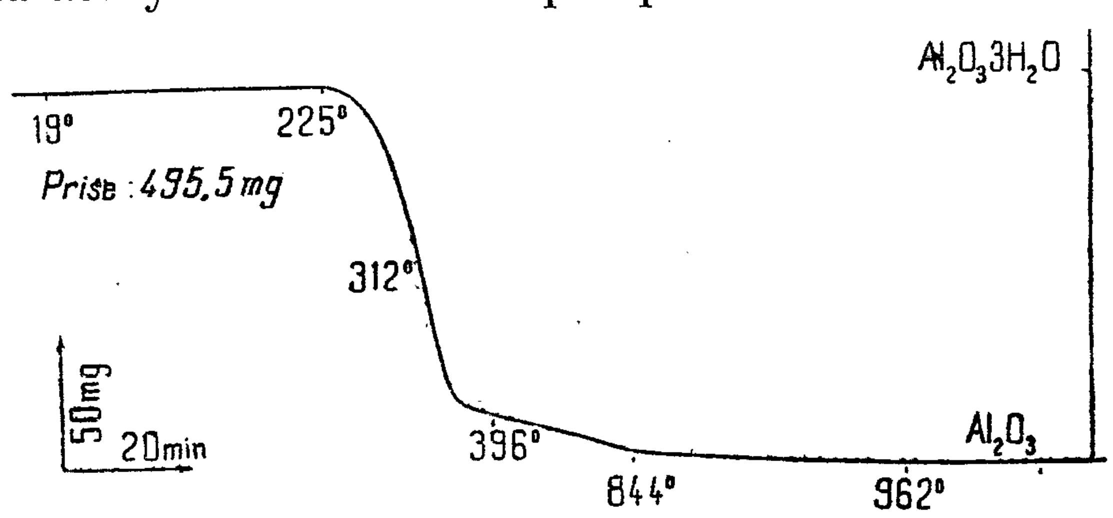


Fig. 2. — Analyse thermogravimétrique de la gibbsite naturelle.

Ayant soumis un échantillon de gibbsite naturelle aux mêmes essais, nous avons obtenu un spectre de rayons X et une courbe de déshydratation absolument semblables à ceux de l'alumine préparée par électrolyse (*fig* 2).

Nous avons procédé à une seconde série d'expériences en électrolysant une solution d'aluminate de potassium préparée par dissolution d'un précipité d'alumine frais obtenu à partir de nitrate d'aluminium dans de la potasse en léger excès. Le précipité est soigneusement centrifugé et lavé jusqu'à ce qu'on ne décèle plus aucune trace d'ion nitrique.

La solution d'aluminate est introduite cette fois à la cathode et électrolysée dans les mêmes conditions que la solution du sel d'aluminium; l'alumine précipite dans l'eau pure à l'*anode*.

Son spectre de rayons X est analogue à celui de la gibbsite. Les raies sont plus floues toutefois, indiquant des cristaux de dimensions plus faibles.

En résumé, notre procédé électrolytique nous a permis d'obtenir l'alumine hydratée $Al_2O_3.3\,H_2O$ pure et cristallisée et, grâce au caractère amphotère de cet oxyde, aussi bien au pôle positif qu'au pôle négatif.

CHIMIE INDUSTRIELLE. — *Sur la mesure des variations de volume accompagnant le durcissement des pâtes de plâtre et d'eau.* Note de M. **Louis Chassevent**, présentée par M. Pierre Jolibois.

Les pâtes de plâtre et d'eau, ainsi que toutes les pâtes de liants hydrauliques, se transforment par hydratation en une masse poreuse et cohérente. Cette transformation est accompagnée de deux variations de volume bien distinctes.

Le liant hydraté a un volume inférieur à la somme des volumes initiaux du liant anhydre et de l'eau nécessaire à son hydratation, ainsi que l'ont signalé Le Chatelier (1) et van't Hoff (2). Il en résulte que l'hydratation du liant est accompagnée d'une diminution de volume absolu que l'on peut mesurer très simplement en recouvrant d'eau la pâte de liant placée dans un récipient surmonté d'un tube gradué. Cette mesure des variations du volume absolu ne tient pas compte du volume des pores de la masse durcie.

Il se produit en outre une augmentation du volume apparent, c'est-à-dire de la somme des volumes du solide et des pores remplis d'eau ou d'air. Ce gonflement est dû à la formation et à la croissance du squelette formé par les produits résultant de l'hydratation du liant. Il atteint couramment quelques millièmes et présente un grand intérêt pour l'emploi des liants du fait qu'il crée des contraintes et des déformations.

Afin de suivre, dès le début de l'épaississement, les variations du volume apparent des pâtes de plâtre, nous avons été conduit à construire un appareil. En effet les méthodes employées couramment pour mesurer le gonflement ou le retrait de ciments ayant déjà fait prise ne permettent pas de faire des mesures exactes avec des pâtes de plâtre initialement très fluides. Un progrès très important avait déjà été réalisé par Gibson et Johnston (3) en disposant un comparateur micrométrique au bout d'un moule horizontal contenant la pâte de plâtre. Cependant cet appareil, dont l'emploi a été préconisé en Angleterre pour les essais des plâtres (4), ne permet pas de suivre quantitativement les variations de volume pendant les premières minutes de l'épaississement des pâtes très fluides.

L'appareil que nous avons utilisé est constitué par un cylindre vertical en

(1) *Revue des Matériaux de Construction*, 1927, p. 227.
(2) *Zeits. für physik. Chem.*, 45, 1903, p. 257.
(3) *Journ. of Soc. of chem. Industry. Trans.*, 51, 1932, p. 25.
(4) *British Standard*, 1191, 1944, *Gypsum building plasters*.

caoutchouc mince de 20^{mm} de diamètre et de 100^{mm} de hauteur dans lequel est coulée la pâte de plâtre. Dans cette pâte et à sa partie supérieure est placé horizontalement un petit disque métallique. Les variations de volume de la pâte déplacent le disque. Ces déplacements font tourner, par l'intermédiaire d'un fil et d'un bras, une tige horizontale à laquelle a été collé un miroir donnant, sur un écran, l'image d'une source lumineuse fixe. Les déplacements de l'image permettent de mesurer les variations de longueur des éprouvettes avec une précision de deux millièmes de millimètre sans avoir à exercer sur la pâte de plâtre des pressions susceptibles de la déformer. Pendant toute la durée de l'expérience, le cylindre contenant la pâte est maintenu dans de l'eau à température constante.

Cet appareil nous a permis de constater qu'avec une même pâte de plâtre la présence d'eau à la surface de cette pâte a une influence aussi bien sur le moment à partir duquel le gonflement commence à se manifester que sur l'intensité de ce gonflement. La présence d'une couche d'eau à la surface de la pâte peut provenir soit d'une décantation de la pâte avant la prise, soit d'une addition d'eau.

Si on évite la formation d'une couche d'eau au-dessus de la pâte en ne la coulant pas trop, on observe, dès le début de l'épaississement, une contraction accompagnée d'une pénétration de l'air dans la masse. Ces deux phénomènes sont dus à la diminution de volume absolu résultant de l'hydratation du plâtre. La contraction se poursuit bien au delà du début de prise ([5]) et jusqu'à ce que la masse atteigne une cohésion suffisante pour ne plus se tasser. Ensuite apparaît une augmentation de volume apparent ou gonflement de cette masse dont les pores sont remplis d'air et d'eau. Ce gonflement se poursuit jusqu'à la fin de l'hydratation du plâtre.

Si, contrairement au cas précédent, la pâte est recouverte, pendant toute la durée de l'hydratation, d'une couche d'eau, on constate que l'eau pénètre peu à peu dans la masse en comblant les vides provoqués par l'hydratation du plâtre. Il ne se produit plus au début de l'hydratation une contraction notable de la pâte. Le gonflement de cette masse, dont les pores sont complètement remplis d'eau, apparaît dès le début de prise. En outre il est plus important que dans le cas précédent. Ainsi le gonflement de pâtes recouvertes d'eau a été de 3^{mm},1 par mètre avec une pâte très fluide obtenue par addition à 100^{g} d'eau de 120^{g} de plâtre à mouler et de 4^{mm},2 par mètre avec une pâte épaisse obtenue par addition à 100^{g} d'eau de 220^{g} de plâtre. Les gonflements de ces mêmes pâtes de plâtre non recouvertes d'eau ont été respectivement de 1^{mm},3 et 3^{mm},05.

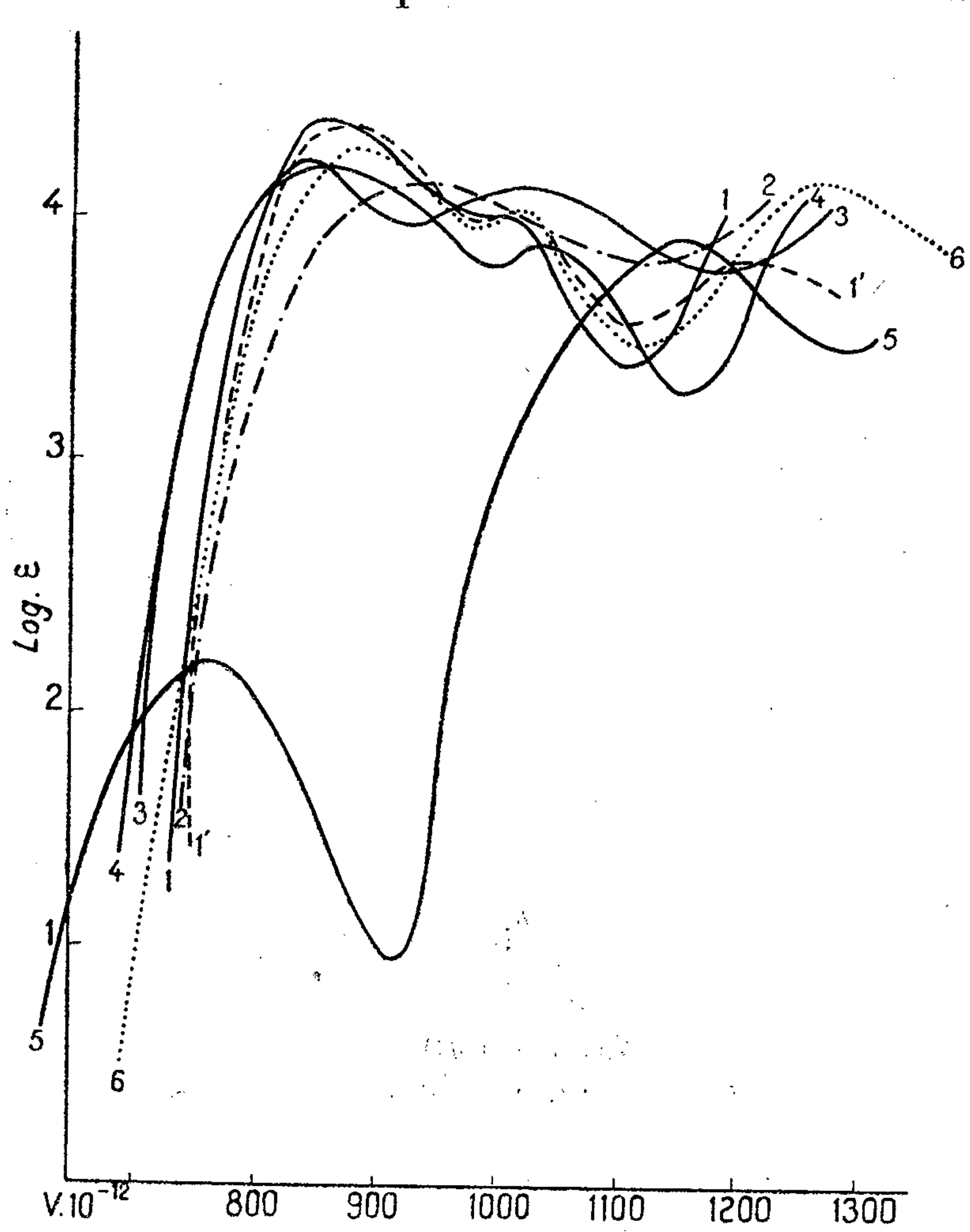
Enfin si la pâte n'est pas recouverte d'eau en quantité suffisante pour combler tous les vides résultant de l'hydratation, on observe une contraction et un gonflement compris entre les valeurs extrêmes obtenues dans les deux cas précédents.

([5]) Début de prise déterminé suivant la norme française B12-001, 1946.

En résumé nous avons mesuré le gonflement qui accompagne le durcissement des pâtes de plâtre et d'eau au moyen d'un appareil qui permet de suivre les variations de volume apparent de pâtes de liants, même lorsque celles-ci sont initialement très fluides et à durcissement rapide L'utilisation de cet appareil nous a permis de constater que le gonflement d'une même pâte de plâtre varie beaucoup suivant les conditions d'emploi et de conservation de cette pâte. Le gonflement maximum a lieu lorsque le liquide remplit pendant toute la durée de l'hydratation tout l'espace compris entre grains de liant. Le gonflement minimum a lieu lorsque de l'air pénètre dans la masse dès le début de son épaississement par suite de la diminution de volume absolu résultant de l'hydratation du plâtre.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Remarques sur l'absorption dans l'ultraviolet moyen de quelques tétrazones*. Note (¹) de M. **Panos Grammaticakis**.

En poursuivant mes recherches sur les produits d'oxydation des hydrazines, j'ai été conduit à étudier l'absorption dans l'ultraviolet moyen de quelques



tétrazones, $C_6H_5.(R)N.N{=}N.N(R).C_6H_5$ (où $R{=}CH_3$, C_2H_5, C_6H_{11}, $CH_2.C_6H_5$, C_6H_5), formées par oxydation des α-alcoylphénylhydrazines (²).

(¹) Séance du 16 juillet 1947.

(²) Quelques nouvelles méthodes de préparation de ces composés [action de certains dérivés des alcoyles (sulfates, halogénures, etc.) sur les arylhydrazines en milieu alcalin]

Sur la figure 1 sont tracées les courbes d'absorption des solutions chloroformiques des N.N'-diméthyl-N.N'-diphényltétrazone, F 143°, courbe 1, N.N'-dicyclohexyl-N.N'-diphényltétrazone, F 103°, courbe 2, et tétraphényltétrazone, F 125°, courbe 3. Sur la même figure sont représentées les courbes des solutions alcooliques des N.N'-diméthyl-N.N-diphényltétrazone, courbe 1', diazoaminobenzène (3), $C_6H_5.N{=}N.NH.C_6H_5$, courbe 4, benzènazométhane, courbe 5, et phénylhydrazone de la benzophénone, courbe 6. Les courbes d'absorption des autres tétrazones, ne différant pas sensiblement de celle de la N.N'-diméthyl-N.N'-diphényltétrazone, ne sont pas représentées.

En supposant que les tétrazones et les dérivés diazoaminés possèdent la structure azoïque, actuellement admise, on peut remarquer, d'après ce qui précède, que :

1° Les courbes d'absorption des tétrazones étudiées et des dérivés diazoaminés présentent une allure semblable à celle de la phénylhydrazone de la benzophénone (*homéochromie U. V.*) et différente de celle du benzènazométhane. Par suite, la substitution des radicaux carbonés fixés sur le groupe —N=N— par un ou deux radicaux aminés (ou hydroxylés) provoque une variation d'absorption analogue, en général, à celle que l'on observe dans le cas des composés contenant le groupe —CO—. D'ailleurs, ces deux groupes —CO— et —N=N— présentent des nombreuses analogies (4) physiques et chimiques. 2° la substitution des alcoyle, méthyle, éthyle et benzyle, dans le chromophore $C_6H_5.N.N{=}N.N.C_6H_5$ par un cyclohexyle produit un changement d'absorption, semblable à celui observé lors de l'introduction de ce radical dans d'autres complexes (5). Par ses effets spectraux, le radical cyclohexyle se rapproche des radicaux $—C(R_1R_2R_3)$ et $—CO.R_4$ (6) (où R_1, R_2, R_3 = alcoyles. R_4 = alcoyle, NH_2) qui, introduits dans certains complexes, produisent un changement profond d'absorption (effet hypsochrome, etc.), pouvant aller jusqu'à l'indépendance complète ou presque complète, au point de vue

---

ainsi que l'absorption de quelques dérivés de ces substances (alcoylphénylhydrazones, etc.) feront l'objet d'un prochain Mémoire.

(3) A. WOHL, *Bull. Soc. Chim.*, 5e série, 5, 1938, p. 460.

(4) P. GRAMMATICAKIS, *Praktika de l'Académie d'Athènes*, **16**, 1941, p. 118.

(5) J'ai constaté, en effet, que les courbes d'absorption de certains composés du radical cyclohexyle (oximes, anilinoformyloxime, semicarbazone de la cyclohexylphénylcétone) sont plus rapprochées de celles des dérivés correspondants des trialcoylacétophénones et des alcoylphénylcétones orthoalcoylées que de celles des dérivés des alcoylphénylcétones. Je poursuis des recherches sur les effets spectraux de l'introduction des radicaux alicycliques sur quelques chromophores complexes.

(6) Mme RAMART-LUCAS; en particulier, *Bull. Soc. Chim.*, 5e série, **9**, 1942, p. 866; P. GRAMMATICAKIS, *Bull. Soc. Chim.*, 5e série, **8**, 1941, p. 429 (équivalence spectrale approximative des $C_6H_5.CH{=}N.N(COR_4).C_6H_5$ à un mélange équimoléculaire des $C_6H_5.CH{=}N.NH.CO.R_4$ et C_6H_6); *Praktika de l'Académie d'Athènes*, **16**, 1941, p. 114 [équivalence spectrale des $C_6H_5.((R_1R_2R_3)C)C{=}N(:O).CO.NH.C_6H_5$ et

$(CH_3)_2C{=}N(:O).CO.NH.C_6H_5 + C_6H_6$. (*isochromie U. V.*)].

spectral, de certains de leurs éléments; cette diminution de l'interdépendance peut se manifester également par une décomposition chimique de ces complexes sous l'action de certains réactifs (organomagnésiens [7], etc.).

CHIMIE ORGANIQUE. — *Union labile de l'oxygène au carbone. Synthèse et photosensibilité du diphényl-10.10′ mésobenzodianthrène et du diphényl-10.10′ mésonaphtodianthrène.* Note [1] de M. **Georges Sauvage**, transmise par M. Marcel Delépine.

Dans une Note précédente [2] nous avons montré que la liaison en 1-1′ de deux radicaux anthryliques favorisait la photooxydation. Par contre, on sait [3] que la liaison en 9-9′ dans le dianthranyle (I) et (II) ne permet pas la fixation photochimique de l'oxygène. En vue d'opposer les deux modes de soudure, nous avons entrepris la préparation de l'hélianthrène (III) et de son dérivé diphénylé (IV), à partir de l'hélianthrone (V). Nous avons été étonné de constater l'extrême photosensibilité du squelette de l'hélianthrène.

L'hélianthrène ou mésobenzodianthrène (III) n'a jamais pu être préparé à l'état pur et nos propres efforts dans ce sens ont été vains. Le principal obstacle est justement constitué par la grande photosensibilité de ce carbure. Nous avons eu plus de chance avec le diphényl-10.10′ mésobenzodianthrène (IV). Le phényllithium réagit à froid sur l'hélianthrone (V). Le diphényl-10.10′ mésobenzodianthraquinol (VI), ($C_{40}H_{26}O_2$), ainsi obtenu est jaune clair. Il donne des associations très stables avec de nombreux solvants, comme le sulfure de carbone (fusion instantanée à 236° — 0,5 mol. de solvant), le benzène (fusion instantanée à 231° — 0,5 mol. de solvant), le dioxane (fusion instantanée à 150° — 2,5 mol. de solvant). Ces associations ne sont détruites par chauffage que quelques degrés en dessous de leur point de fusion. L'alcool et l'éther ne donnent pas de solvatation. Le produit, exempt de solvant, fond à 293° en se décomposant. Son éther éthylique ($C_{44}H_{34}O_2$) cristallisé en fuseaux incolores, fond à 245°.

La réduction par la méthode habituelle du diphényl-10.10′ mésobenzodianthraquinol et de l'éther éthylique donne le diphényl-10.10′ mésobenzodianthrène (IV) ($C_{40}H_{24}$, PF 371°), sous forme de cristaux prismatiques violet foncé. Son spectre dans le benzène est caractérisé par deux bandes d'absorption à 5800 Å et 5475 Å. Ses solutions au 1/10000 dans le sulfure de carbone, d'une teinte violacée intense, se décolorent en une fraction de seconde par grand soleil : c'est l'exemple de photooxydation le plus rapide que l'on connaisse.

(7) P. Grammaticakis, *Praktika de l'Académie d'Athènes*, 16, 1941, p. 115.

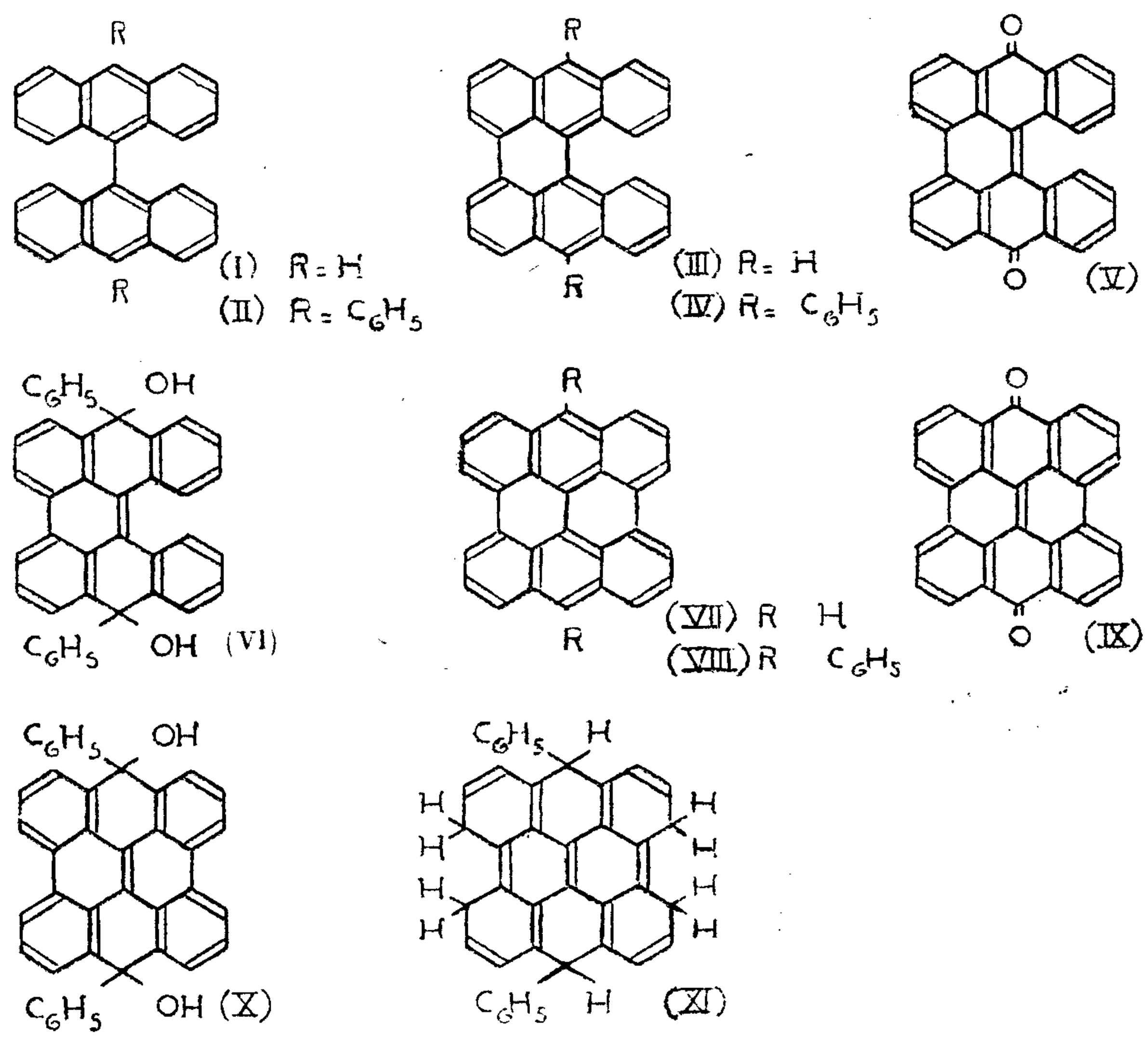
(1) Séance du 7 juillet 1947.

(2) Ch. Dufraisse et G. Sauvage, *Comptes rendus*, 221, 1945, p. 665.

(3) Ch. Dufraisse et L Velluz, *Soc. Chim.*, 5e série, 5, 1938, p. 600.

Le photooxyde formé, ($C_{40}H_{24}O_2$), jaune, est le premier photooxyde coloré décrit. Il donne, lui aussi, une association de solvatation avec le sulfure de carbone (0,6 mol. de solvant) et ne perd son solvant qu'en se décomposant à 180° et en dégageant une molécule d'oxygène : c'est donc un monophotooxyde dont la constitution a été établie dans une communication spéciale (4).

La rigidité de sa structure n'empêchant pas le diphényl-mésobenzodianthrène de se photooxyder, il était intéressant d'étudier le carbure possédant une cyclisation supplémentaire en 8-8′ : c'est pourquoi nous avons préparé le mésonaphtodianthrène (VII) et son dérivé diphénylé (VIII). Comme celle du dianthranyle (I) et (II), la structure du mésonaphtodianthrène n'est pas apte à la formation d'un photooxyde. La symétrie de la molécule tend à concentrer l'activité photochimique sur les mésosommets extérieurs : ces deux positions sont trop éloignées pour *pincer* l'oxygène. Le premier stade de la photooxydation, c'est-à-dire un découplement des électrons sur les sommets 10 et 10′, doit avoir lieu et l'on peut lui attribuer la photosensibilisation du solvant et la résinification partielle du produit que l'on observe après une longue période d'insolation. On n'a pas isolé de photooxyde.



Le mésonaphtodianthrène a déjà été obtenu par Scholl et Meyer (5), par réduction de la mésonaphtodianthrone (IX). Nous avons préparé le diphényl-10.10′ mésonaphtodianthrène (VIII). L'action du phényllithium sur la

(4) Ch. Dufraisse et G. Sauvage, *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 126.

(5) Scholl et Meyer, B. 67, 1934, p. 1236.

mésonaphtodianthrone donne difficilement le diphényl-10.10′ mésonaphtodianthraquinol (X), en aiguilles jaunes ($C_{40}H_{24}O_2$, PF 392°). Il est plus facile de l'obtenir par photodéshydrogénation du diphénylmésobenzodianthraquinol (VI) en solution éthérée. Son éther éthylique cristallise en aiguilles incolores ($C_{44}H_{32}O_2$, PF 444°).

La réduction par la méthode habituelle du quinol ou de son éther donne le diphényl-10.10′ mésonaphtodianthrène (VIII), sous forme d'aiguilles bleu foncé ($C_{40}H_{22}$, PF 430°). Son spectre d'absorption en solution benzénique comprend deux bandes très accentuées à 6900 Å et 6300 Å.

Par réduction du quinol en tube scellé à 200°, par l'iodure de potassium et l'acide acétique, on obtient l'hexahydrodiphényl-10.10′ mésonaphtodianthrène (XI), cristallisé en prismes jaunes ($C_{40}H_{28}$, PF 377°).

CHIMIE MINÉRALE. — *Mesure de la tension de dissociation de l'hydrure de potassium par une méthode dynamique.* Note (1) de M. **Albert Hérold**, transmise par M. Louis Hackspill.

Nous avons dit dans une précédente Note (2) que la méthode de la paroi semi-perméable en nickel n'est applicable à la mesure de la tension de dissociation de l'hydrure de potassium que jusqu'à 390° C. Au-dessus de cette température le nickel cesse en effet d'être perméable à l'hydrogène. On ne peut lui substituer aucun des autres métaux usuels, car ceux-ci, ou bien sont attaqués par le potassium qui forme avec eux des alliages, ou bien ont une perméabilité trop faible. Dans ces conditions nous avons eu recours à une méthode dynamique.

On chauffe dans l'hydrogène un petit bloc d'aluminium creusé d'une cavité cylindrique dans laquelle on a introduit du potassium par distillation. Un manomètre mesure la pression d'hydrogène et un couple thermo-électrique la température du bloc, sensiblement égale à celle du potassium. On observe ce qui se passe à travers une lame de verre. Au moment où sa tension de dissociation vient à dépasser la pression d'hydrogène à laquelle il est soumis, l'hydrure qui recouvre le potassium d'une couche terne se décompose et libère la surface brillante du métal. On note la température et la pression correspondant au début du phénomène. On note de même au refroidissement la température à laquelle des cristaux d'hydrure apparaissent à la surface du potassium.

La température d'équilibre du métal avec son hydrure sous une pression d'hydrogène donnée est comprise entre la température de décomposition mesurée au chauffage et celle de recombinaison mesurée au refroidissement. On la prend égale à la moyenne de ces dernières. Leur écart est d'autant plus

(1) Séance du 16 juillet 1947.

(2) *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 1826.

petit que la pression d'hydrogène est plus grande : la vitesse de réaction, et par suite la netteté des observations croissent en effet avec la température et la pression. C'est pourquoi on a opéré jusqu'à 3 atmosphères; pour ce faire, les robinets à vide de l'appareil sont munis de dispositifs métalliques qui retiennent le barillet dans le boisseau tout en laissant sa rotation libre. Le tableau ci-dessous donne les résultats des deux séries de mesures effectuées.

°C.	Pression en mm/Hg.	°C.	Pression en mm/Hg.	°C.	Pression en mm/Hg.	°C.	Pression en mm/Hg.
402.....	262	445.....	1045	400....	328	436.....	666
404,5...	422	447.....	1200	416....	418	445.....	951
416.....	503	458.....	1370	420....	485	447.....	1055
424,5...	590	460.....	1490	427....	512	447.....	1320
431.....	667	463.....	1728	430....	758	466.....	1585
434.....	770	475.....	1915	434....	798	481.....	2675

La méthode n'est pas très précise : aux faibles pressions les erreurs peuvent atteindre 20 % de la valeur de la pression. Mais elles décroissent vers les pressions élevées ; dans 50 % des mesures elles sont inférieures à 10 %. De plus, il s'agit d'erreurs accidentelles qui se compensent sur un grand nombre de mesures. Ainsi, les points construits en portant en abscisses les inverses $1/T$ des températures absolues et en ordonnées des logarithmes décimaux des pressions exprimées en millimètres de mercure se placent en nombre égal de chaque côté de la droite d'équation : $\log p = -5850/T + 11,2$ qui représente les résultats fournis par la méthode du tube en nickel entre 310° et 390° C. Un très faible déplacement de cette droite rendrait inégale la répartition des points autour d'elle.

Le domaine de validité de l'équation ci-dessus est ainsi élargi. Elle donne entre 310° et 480° C les valeurs de la tension de dissociation de l'hydrure de potassium avec une erreur qui est sans doute inférieure à 2 % de sa valeur.

PÉDOLOGIE. — *Les sols salés et les sols récents ou actuels du Bas-Chélif et des Basses-Plaines Oranaises* (Régions d'Inkermann, de Relizane, de Perrégaux et de Saint-Denis du Sig). Note (¹) de M. Gilbert Gaucher, transmise par M. René Maire.

Sur le niveau 3, d'âge flandrien, on rencontre des sols marneux salés, des sols noirs et des sols sablonneux.

Les sols marneux salés se sont formés en surface des *marnes grises salifères* ou bien proviennent du remaniement de ces formations. Celles-ci ont un aspect très spécial, elles se présentent sous forme de couches assez épaisses, d'un gris bleuâtre ou brunâtre, bourrées d'inclusions gypso-salines et contenant des

(¹) Séance du 23 juin 1947.

débris charbonneux, des traces ferrugineuses et des coquilles ou des fragments de coquilles de mollusques terricoles. Ces dépôts à *faciès de Sebka* sont dus à une sédimentation d'origine essentiellement locale dont les éléments ont été fournis par les marnes elles-mêmes salées de l'Helvétien, du Tortonien, du Sahélien et parfois du Trias. Cet alluvionnement s'est sans doute produit à une période plus pluvieuse que l'actuelle et pendant laquelle les sources salées existant au contact des affleurements salifères du Trias et du Miocène connurent une recrudescence d'activité. *Les marnes grises à* faciès de fond de Sebka *sont donc dues à une sédimentation de boues salées effectuée au sein d'eaux salées sous un climat plus humide que l'actuel mais à saisons alternantes*. D'ailleurs au cours des années très pluvieuses cette sédimentation tend à se produire sur une échelle réduite dans certaines parties de ces plaines et donne naissance à des sols marneux salés d'âge actuel. Les eaux superficielles et celles des nappes phréatiques qui se chargent en chlorures au contact de ces dépôts transportent parfois le salant dans des sols de nature diverse et qui en étaient originellement dépourvus. Enfin des phénomènes de salure de sols en rapport avec de petites sebkas alimentées par des venues d'eau d'origine triasique restent limités à la partie nord-est de la plaine de Perrégaux.

Les sols noirs, souvent sablonneux, se sont formés sur des encroûtements calcaires plus récents mais beaucoup moins étendus que ceux du niveau 2 et paraissant correspondre à d'anciennes sources ou à d'anciens marécages. Les processus de pédogénèse qui sont à leur origine semblent bien avoir pris fin actuellement.

Une évolution des sols rubéfiés des zones atteignant une certaine altitude en bordure des plaines (zone de l'Oléo-lentiscetum ou du Callitrietum, tandis que les plaines elles-mêmes appartiennent à la zone du Zizyphetum) a vraisemblablement débuté à la même époque et a abouti à la formation en surface d'un horizon foncé, noirâtre ou brun foncé.

Les sols sablonneux du Flandrien ancien représentent les premiers dépôts de la sédimentation fluviatile apportés immédiatement avant la phase de creusement qui dessina les thalwegs actuels. Ils constituent les meilleures terres à agrumes de ces régions. Ils ne paraissent guère avoir subi l'action des processus de pédogénèse. Ils ont pratiquement les mêmes caractères que les sols sablonneux plus récents qui recouvrent le niveau 4 (basse terrasse).

Les sols actuels ou subactuels (sols sablonneux, sols limoneux, sols argileux, sols bruns éluviens) montrent encore plus combien leur évolution pédologique est réduite. Ils sont uniquement d'origine alluviale, éluvienne ou colluviale; leur typologie et leur morphologie dépendent essentiellement de la nature et de l'origine de leurs éléments ainsi que des conditions de sédimentation et non de processus pédologiques d'évolution *in situ*.

Ces observations sur les sols du Bas-Chélif et des Basses-Plaines Oranaises dénotent combien dans cette région d'Algérie, comme d'ailleurs dans l'ensemble

de l'Afrique du Nord, le climat *actuel* n'est pas le facteur dominant de la typologie des sols. Dans une proportion importante, ces sols sont *fossiles*, en ce sens que les conditions actuelles de pédogénèse ne pourraient pas les reproduire. L'influence du climat sur la typologie des sols reste une découverte fondamentale et féconde des pédologues, mais il est indispensable pour conduire une étude pédologique de connaître la chronologie du Quaternaire et les conditions climatiques de chaque période.

OCÉANOGRAPHIE. — *Les zones de montée d'eaux froides le long de la côte atlantique du Maroc.* Note [1] de M. **Georges Roux**, présentée par M. Donatien Cot.

Il se produit le long de la côte atlantique du Maroc, notamment au sud du Cap Cantin, des montées d'eau de subsurface provoquées par des vents de régime N. ou N.-E., qui ont pour effet d'abaisser notablement la température de surface.

J'ai tenté de localiser pour différentes saisons, d'après les anomalies négatives de la température de l'eau de surface, les zones d'apparition de ce phénomène avec son intensité maximum possible. A cet effet, j'ai rassemblé les observations de température de l'eau de surface effectuées de 1907 à 1914 par les bâtiments de la Division navale du Maroc, celles faites depuis 60 ans par les navires océanographiques et les câbliers, depuis 15 ans par des navires de guerre et de commerce français fréquentant cette côte et par certains services des ports et enfin, les observations, encore non publiées, faites par Jean Furnestin à bord de bâtiments de guerre.

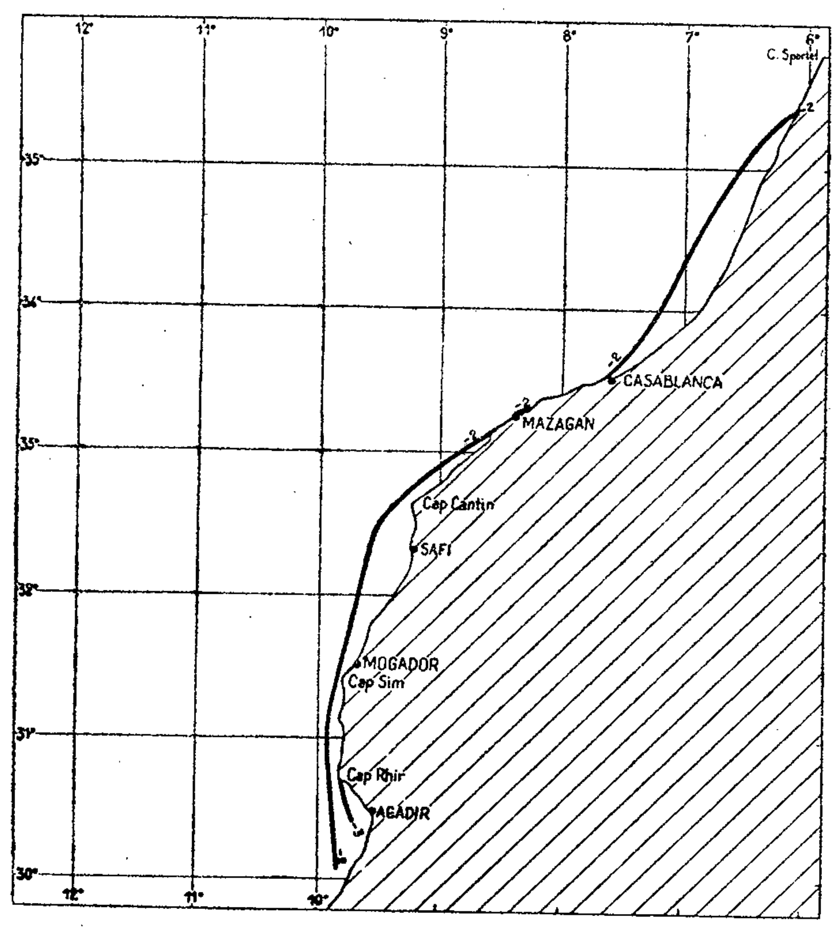
J'ai trié ces observations, en conservant seulement, après élimination des valeurs douteuses, celles correspondant à un régime de N.-W. à E., ou à défaut à des températures anormalement basses. A l'aide des observations ainsi sélectionnées, j'ai dessiné pour les mois de février, mai, août et novembre les cartes des anomalies de température Δ correspondant aux montées d'eau froide; j'ai calculé ces anomalies Δ non pas par rapport à la température moyenne des mers du globe, ou de l'Océan Atlantique à la même latitude, mais par rapport à la température de la mer à 300^{km} à l'ouest de la côte marocaine déduite des cartes mensuelles de G. Böhnecke [2], c'est-à-dire grossièrement par rapport aux eaux du courant froid des Canaries; ainsi calculées, les anomalies sont moins fortes, mais plus caractéristiques du phénomène de montée des eaux.

Les isolignes tracées sur ces cartes délimitent les zones d'apparition possible d'eau pouvant atteindre en surface des anomalies négatives de valeur Δ; elles

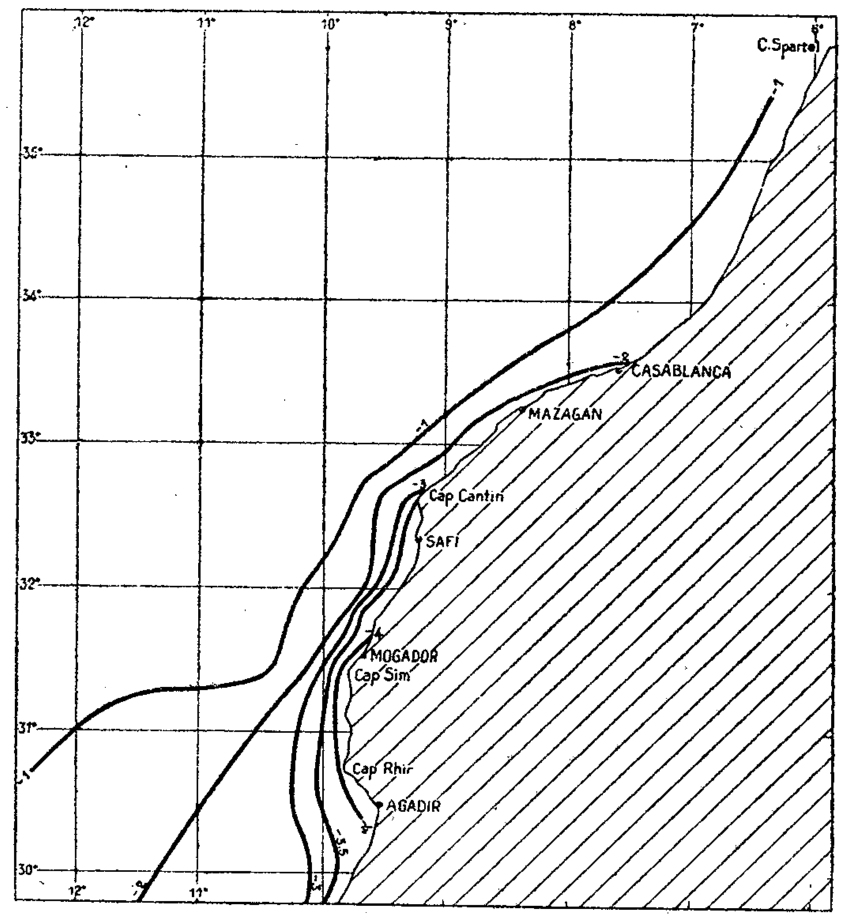
(1) Séance du 21 juillet 1947.

(2) *Atlas zu Temperatur, Salzgehalt und Dichte an der Oberfläche des Atlantischen Ozeans* (*Wissen. Ergebnisse der Deut-Atlant. Expedition* « *Meteor* »), Berlin, 1936.

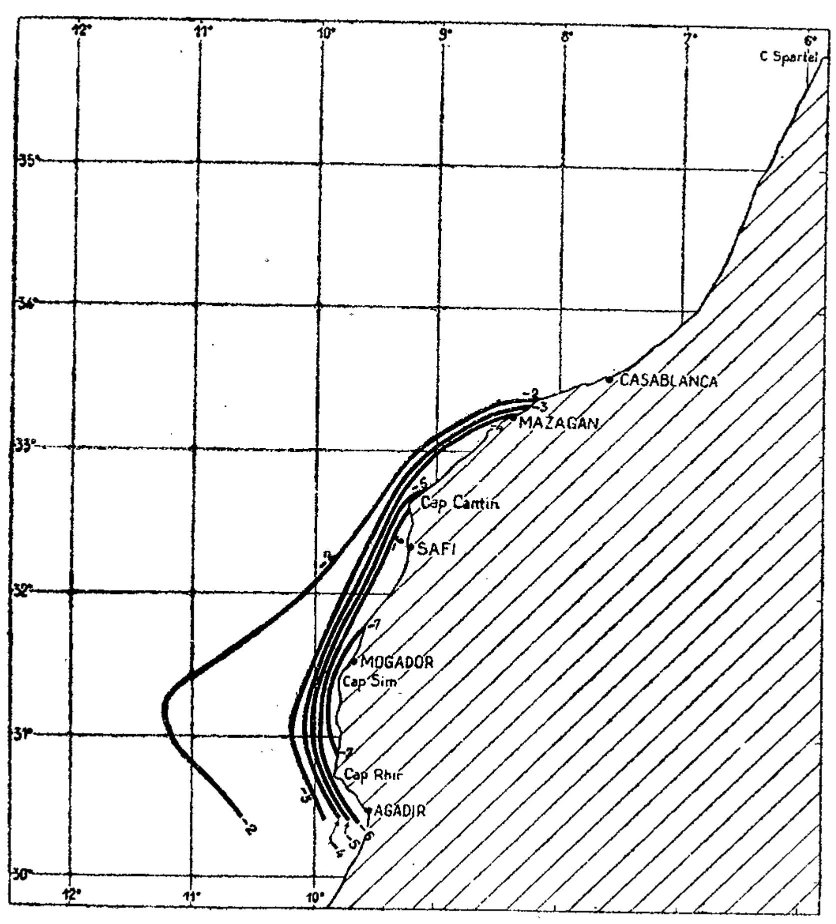
ne donnent aucune indication sur la fréquence, ni sur la valeur moyenne du phénomène.



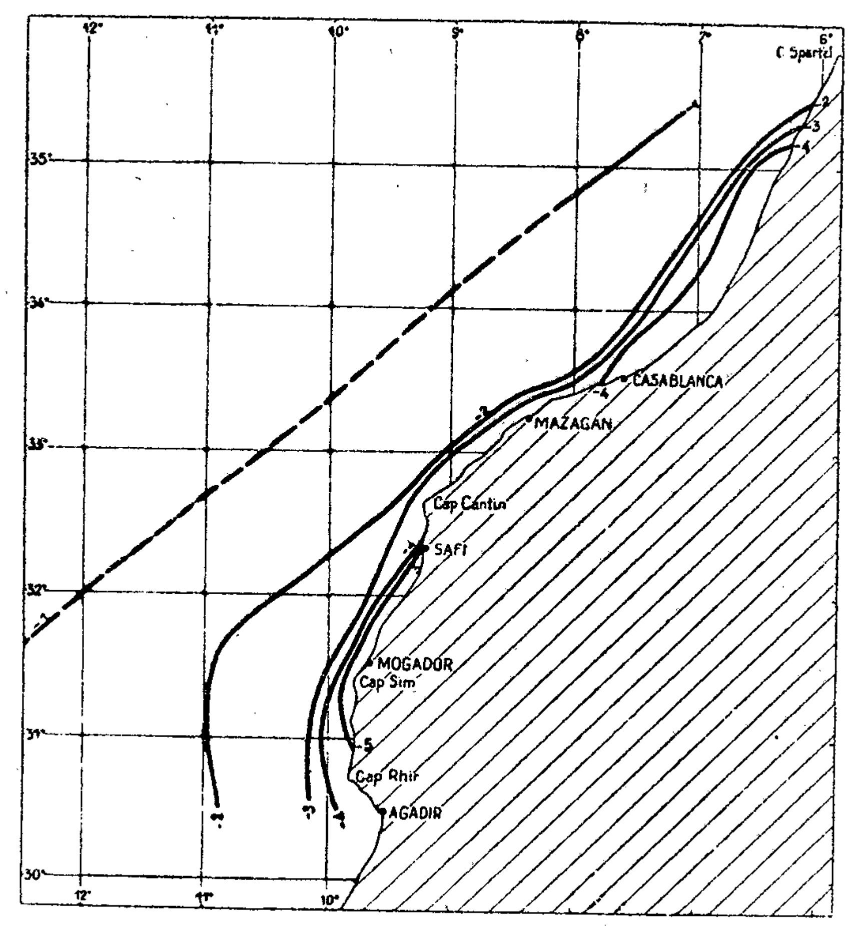
Anomalies en février.



Anomalies en mai



Anomalies en août.



Anomalies en novembre.

L'examen de ces cartes montre que des montées d'eau froide peuvent se produire à toutes époques de l'année par circonstances météorologiques favorables le long de la côte du Maroc, comme l'avait déjà indiqué Puff (3). Toute-

---

(3) *Das kalte Auftriebwasser an der Ostseite des Nordatlantischer Ozeans* (*Diss. Marburg*, 1870).

fois le phénomène atteint son intensité maximum dans la région de Mogador, au point de la côte marocaine le plus exposé à l'alizé et au mois d'août, à l'époque où l'action de l'alizé exerce le plus d'effet.

La zone de maximum d'intensité du phénomène, qui se trouve à la hauteur d'Agadir en janvier, semble progresser lentement vers le Nord au cours de l'année s'étendant en novembre depuis le cap Tafelneh jusqu'à Safi. Mais à cette époque, des eaux froides ($\Delta = -4$) peuvent aussi s'observer de Casablanca à Larache. Ces résultats diffèrent de ceux trouvés par G. Schott ([4]) avec des matériaux moins nombreux.

Alors qu'en août les anomalies peuvent atteindre $-7°$, je n'en ai trouvé aucune supérieure à $-5°$ en novembre, $-4°$ en mai et $-3°$ en février.

BOTANIQUE. — *Note sur les îlots forestiers reliques de la Basse Guinée Française.* Note de M. **Raymond Schnell**, présentée par M. Auguste Chevalier.

La zone des savanes guinéennes, qui fait suite vers le Nord à la zone de la forêt dense, renferme, au contact de celle-ci, des îlots de futaie haute, dont l'aspect et la flore s'apparentent plus ou moins étroitement à ceux de la sylve équatoriale, et particulièrement de ses formes les moins hygrophiles (*deciduous forests*). De tels îlots forestiers ont été signalés en Guinée dans la région des sources du Niger ([1]), dans la région de Kissidougou ([2]), et, en Côte d'Ivoire, dans la région de Séguéla ([3]).

On retrouve des îlots forestiers analogues, plus à l'Ouest, dans la plaine de Basse Guinée, au pied des plateaux gréseux qui viennent s'y terminer en à-pic. Plusieurs de ces forêts se rencontrent au pied des monts Benna, dans la région de Moussaya-Dalonia. Elles y sont généralement situées aux abords des villages. Leur survivance pourrait fort bien être en relation avec la grande abondance des colatiers qui y vivent, et auxquels elles fournissent l'asile favorable de leur microclimat humide. Les espèces dominantes y sont : *Antiaris africana, Pycnanthus kombo, Piptadenia africana, Ceiba Thonningii, Alstonia congensis, Morus mesozygia, Cola Maclaudii, Chrysophyllum, Parkia bicolor, Tetrapleura tetraptera, Albizzia sassa, Cola nitida, Myrianthus libericus*, etc. Le sous-bois comporte fréquemment des Marantacées, Zingibéracées et Aroïdées suffrutescentes, ainsi que des Fougères. Il arrive que la forêt soit assez peu altérée (îlot forestier de Morâdi); le sous-bois y est alors peu développé, et particulièrement pauvre en herbacés. Mais plus généralement la dégradation est accentuée, entraînant

---

([4]) *Wissen-Ergebnisse der Tiefsee-Expedition auf dem Dampfer « Valdivia »*, 1898-1899. Band I, Iéna, 1902.

([1]) A. Chevalier, *La Géographie*, XIX, 1909, pp. 337-352.

([2]) A. Chevalier, Rapport sur une mission scientique dans l'Ouest Africain (Paris, 1912).

([3]) A. Aubréville, *La forêt coloniale*, Paris, 1938.

corrélativement le développement du sous-bois, où abondent les arbustes et petits arbres, les suffrutescents (*Amomum*, *Costus*, Marantacées diverses) et les espèces cultivées (palmier à huile, bananier, colatier). Dans les éclaircies de la forêt, une épaisse végétation secondaire renferme : *Elæis guineansis*, *Trema guineensis*, *Albizzia sassa*, *Alchornea cordifolia*, *Acacia ataxacantha*, *Dioscorea*, *Marantacées*, etc.

Plus haut, sur les basses pentes de la montagne, ces forêts se prolongent par les reliques plus ou moins importantes, qui vont de grands arbres isolés (*Alstonia congensis*, *Cola Maclaudii*, *Pycnanthus kombo*, *Ceiba Thonningii*) dominant la brousse arbustive, à des forêts dégradées, où les mêmes grands arbres dominent un sous-bois dense constitué d'espèces secondaires : *Macaranga huræfolia*, *Trema guineensis*, *Mussænda erythrophylla*, etc.) et à des forêts moins altérées, plus riches en espèces et à sous-bois plus dégagé. Manifestement, la forêt devait recouvrir, jadis, ces pentes de façon continue. Des ravins humides, entaillant les falaises gréseuses, renferment une forêt haute qui relie ces reliques des basses pentes aux îlots de futaie à *Parinarium excelsum* des plateaux. Cette forêt des ravins renferme : *Piptadenia africana*, *Pycnanthus kombo*, *Parkia bicolor*, *Alstonia congensis*, *Carapa procera*, *Cola Maclaudii*, *Cola mirabilis*, *Chrysophyllum*, *Garcinia polyantha*, *Drypetes*, etc.

Entre le mont Kakoulima et le mont Dixim, la profonde vallée du Badabon abrite une forêt haute, dont les arbres, munis d'un fût libre développé, appartiennent pour la plupart à la flore de la forêt dense : *Piptadenia africana*, *Parkia bicolor*, *Pycnanthus kombo*, *Parinarium excelsum*, *Chrysophyllum*, *Cola Maclaudii*, *Uapaca guineensis*, *Pachylobus*, *Aubrevillea Kestingii*, *Macrolobium Limba*, *Dialium guineense*, *Daniella thurifera*, *Myrianthus libericus*, etc. Le sous-bois, généralement assez dense, atteste la profonde dégradation de cette forêt. Le contraste est saisissant entre cette relique forestière et les savanes voisines, manifestement issues du déboisement. Des vestiges de forêt haute, au milieu de brousses arbustives, prolongent sur les pentes du mont Kakoulima cette forêt de la vallée et passent sur les crêtes à des forêts plus basses riches en *Garcinia polyantha*, *Cola Maclaudii*, *Chrysophyllum*, *Parkia bicolor*, *Manilkara lacera*, *Pachylobus*, *Memecylon*, *Drypetes*, *Salacia*, etc.

Ces îlots de forêt dense, isolés dans la zone guinéenne au voisinage de son contact avec la région forestière, sont manifestement des reliques de la végétation primitive. Il est vraisemblable qu'une continuité ancienne existait entre eux et le domaine actuel de la forêt dense. Si l'existence ancienne, sous le climat actuel et antérieurement à l'action destructive de l'Homme, d'une végétation forestière sur le territoire de la basse Guinée peut être considérée comme indubitable, il faudrait cependant se garder de conclure *a priori* que cette végétation ancienne fût dans toutes ses parties semblable à celle des îlots reliques qui en ont subsisté. Des conditions locales particulières ont pu donner à certains de ces îlots forestiers une structure plus hygrophile que celle du reste de la végétation de ce territoire; les différences observées entre les reliques forestières des pentes et celles des vallées illustrent cette variation.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Sur des gènes produisant de l'anthocyane dans les plantules de* Raphanus sativus *et d'autres Crucifères*. Note [1] de M. **Jean Politis**, présentée par M. Louis Blaringhem.

En 1911 nous avons commencé une étude sur le mode de formation cytologique des pigments anthocyaniques et nous avons attiré l'attention sur la présence, dans les cellules épidermiques des pétales de fleurs appartenant aux familles les plus différentes (*Iris fimbriata, Lælia anceps, Aquilegia glandulosa, Erica carnea, Nepeta glechoma, Clerodendron Balfouri, Weigela rosea, W. Japonia*), des corps sphériques, très réfrigents généralement au nombre de un seul par cellule, que nous avons désignés sous le nom de cyanoplastes. Ces corpuscules possèdent une enveloppe, dans l'intérieur de laquelle se trouve un composé phénolique incolore qui se transforme en anthocyane. Ensuite, Guillermond (1914) a constaté aussi la présence des cyanoplastes dans les fleurs d'*Iris Germanica*. La formation des pigments anthocyaniques dissous dans les vacuoles des tubercules de *Raphanus sativus* ont fait l'objet d'études de Guillermond et de Möbius, mais ces auteurs n'ont pas trouvé dans cette plante des cyanoplastes.

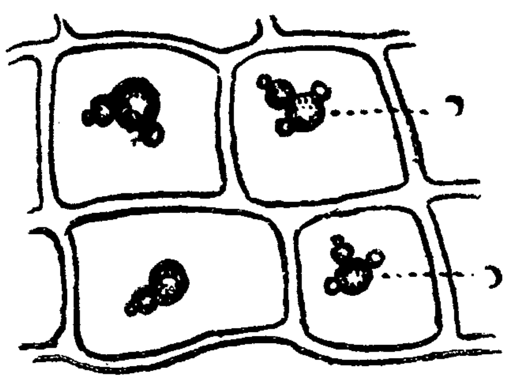


Fig. 1.

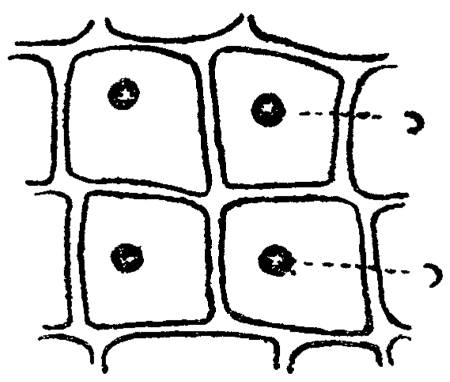


Fig. 2.

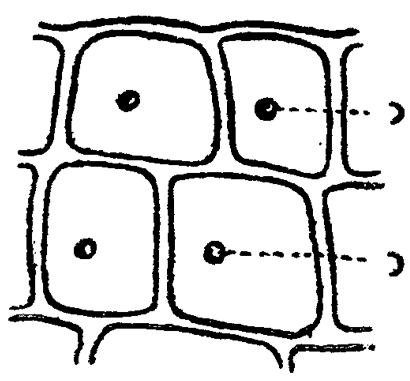


Fig. 3.

Fig. 1. — Cellules jeunes de l'hypocotyle de *Raphanus sativus* var. *vulgaris* avec un organite élaborateur d'anthocyane (cyanoplaste) (*c*).

Fig. 2. — Dans les cellules plus âgées, le cyanoplaste (*c*) grossit peu à peu et devient plus grand que le noyau.

Fig. 3. — Cyanoplastes (*c*), qui paraissent se multiplier par une sorte de bourgeonnement.

Nous avons repris de nouvelles observations sur l'origine cytologique de l'anthocyane dans les plantules de *Raphanus sativus* et d'autres Crucifères et nous exposons les résultats de nos recherches. Il est facile d'observer tous les stades de la formation de l'anthocyane dans l'axe hypocotylé et les cotylédones de *Raphanus sativus* quelques jours après le commencement de la germination

(1) Séance du 16 juillet 1947.

et à condition que la germination s'effectue à la lumière. L'anthocyane est localisée principalement dans les cellules de l'assise située au-dessous de l'épiderme. Chacune de ces cellules à son âge jeune, contient, outre le noyau et les chloroplastes, un cyanoplaste sphérique qui présente une coloration rouge. Souvent ce cyanoplaste, après son développement complet, présente à sa surface des excroissances sphériques. Ces excroissances s'agrandissent à leur tour, parfois au point d'égaler le corpuscule primitif, et ensuite chacune d'elles porte d'autres excroissances très petites, qui, s'accroissant, paraissent se multiplier par une sorte de bourgeonnement et présentent une coloration rouge. Il se produit ainsi un assemblage de corpuscules sphériques.

Le nombre et la grandeur de ces corpuscules varient d'une cellule à l'autre. Dans les cellules adultes le pigment anthocyanique est dissous dans le suc cellulaire. L'observation de ces cellules, au début de leur formation, permet de suivre très nettement le processus d'élaboration de cette substance. A un tel stade du développement de la cellule on voit, tout d'abord, apparaître un corpuscule fortement réfringent, d'aspect oléagineux, situé dans une petite vacuole et présentant des mouvements browniens. Ce corpuscule, très petit et ncolore au commencement, en grossissant peu à peu prend une coloration rouge. Quand il a atteint sa grandeur définitive, il cesse de se mouvoir. Au cours du développement et de la coloration du corpuscule en question, le suc cellulaire, au commencement incolore, prend une coloration rouge due à l'anthocyane. Ce pigment n'apparaît que dans les cellules des cotylédons et de l'axe hypocotylé, qui contenaient, auparavant, des corps que nous venons de décrire. Le fait, que dès le commencement une seule des nombreuses vacuoles embryonnaires renferme le corpuscule dont il a été question, et que cette vacuole est destinée à la formation de l'anthocyane, nous fait admettre qu'une division du travail se fait entre les vacuoles.

D'autre part, nos observations sur des cellules renfermant des pigments anthocyaniques nous ont permis de constater que les cyanoplastes apparaissent souvent au voisinage du noyau. Ces faits nous ont conduit à supposer qu'un gène, après être sorti du noyau, constituerait un cynoplaste. Ce gène possède la faculté de se multiplier et la propriété de produire de l'anthocyane. Ce que nous avons supposé pour la formation de l'anthocyane, nous pouvons le supposer aussi pour d'autres produits de l'activité de la cellule. Il existerait, d'après notre hypothèse, des variétés d'organites élaborateurs, dont chacun aurait une fonction et une composition déterminée.

Des cynoplastes ont été aussi rencontrés, par nous, dans beaucoup d'autres plantules, à savoir : *Cochlearia glastifolia* L., *Æthionema grandiflorum* Boiss. et Hoh., *Lepidium sativum* L., *Eruca sativa* Lam., *Sisymbrium strictissimum* L., *Chorispora tenella* (Pallas) D. C., *Malcolmia africana* R. Br., *Brassica oleracea* L., *Alyssum Mœllelendorfianum* Arsch.

ZOOLOGIE. — *Esquisse du peuplement zoologique du Sahara occidental (Mammifères).* Note de M. **Henri Heim de Balsac**, présentée par M. Maurice Caullery.

La prospection, que nous venons d'effectuer, des régions comprises entre le Maroc et le Sénégal (Tadjakant, Zemmour, Tiris, Adrar, Trarza) efface un des derniers *blancs* de la carte zoologique d'Afrique; elle permet désormais d'établir les grandes lignes de la biogéographie des Vertébrés dans le Sahara occidental. Ce Sahara *océanique* ou *subocéanique*, selon les régions, à caractère désertique *atténué* (*Maire*) présente, dans la distribution latitudinale des animaux, des particularités fort différentes de celles que nous connaissons pour le Sahara central. La proximité de l'Atlantique et l'absence de barrières continues entre la côte et les régions de l'intérieur permettent au vent océanique, fréquent et chargé d'humidité, d'exercer une action compensatrice vis-à-vis du facteur aridité résultant d'une pluviosité faible (inférieure à 100^{mm} de moyenne annuelle).

L'altitude peu importante des buttes ou montagnes-témoins joue, quoi qu'on en ait dit, un rôle d'arrêt et de condensation vis-à-vis des nuages nocturnes et nous avons observé au moins une pluie de relief. Au surplus, l'eau des précipitations se concentre dans les éboulis cyclopéens des buttes-témoins, permettant ainsi le maintien d'une flore et d'une faune différentes de celles des regs environnants.

A ces conditions spéciales, valables pour le Zemmour et le Tiris (Fort-Gouraud), se substituent, plus au Sud, les caractères écologiques des plateaux et falaises de l'Adrar, simple prolongement du Tagant, qui déjà n'appartient plus au domaine climatique saharien. Ainsi s'échelonnent du Maroc au Sénégal des milieux relativement privilégiés. Il en résulte une flexion des zones climatique, floristique et faunistique. Au lieu de s'ordonner du Nord au Sud parallèlement à l'équateur, ces zones tendent à se paralléliser au littoral océanique. La question se posait même de savoir si le Sahara occidental constituait aujourd'hui une barrière écologique entre la faune de Berbérie et celle du Soudan, ou bien au contraire une zone de passage.

En ce qui concerne les Mammifères caractéristiques (espèces sahariennes exclues), on observe trois ordres de faits :

Distribution continue du Maroc au Sénégal. — Hyène rayée *Hyena hyena*, Chacal *Conis anthus*, Ratel *Mellivora leuconota*, Guépard *Acinonyx jubatus*, Porc-épic *Hystrix cristata*, Souris épineuse *Acomys* et Nanguer *Gazella dama*.

Propagation méridionale d'éléments marocains. — Sous la latitude du Zemmour existent encore des éléments remarquables venus du Maroc méridional : Musaraigne *Crocidura aff. whitakeri* (seule Musaraigne saharienne connue à ce jour), Macroscélide *Elephantalus rozeti*, Mangouste *Herpestes*

ichneumon, Zorille *Pœcilictis vaillantii*, Gerbillide *Pachyromys duprasi*, et probablement le Chat sauvage *Felis lybica* (vu un individu très jeune). Le Lérot *Eliomys quercinus* fait défaut.

Propagation septentrionale d'éléments venus du Sénégal ou du Soudan. — Dans l'Adrar mauritanien existent : Panthère *Panthera pardus*, un Zorille, connu seulement de l'Aïr, *Pœcilictis rothschildi*, une petite Genette, Goundi *Felovia*, Daman *Procavia latastei*, Chéiroptères *Taphozous nudiventris* (Fort-Gouraud et *Cherephon sp.*, Panthère, Goundi, Daman, remontent jusqu'à Char, frontière du Rio de Oro.

Nos recherches établissent que le Sahara occidental ne constitue pas un obstacle pour certains Mammifères ni une lacune dans leur aire de distribution. L'atténuation du régime désertique permet d'autre part le rapprochement dans l'espace des blocs fauniques berbère et soudanais, largement disjoints plus à l'Est. Illustration très nette de ce que fut, à une époque récente, le Sahara tout entier : une simple zone de transition et de passage entre la Berbérie et le reste de l'Afrique.

OPTIQUE PHYSIOLOGIQUE. — *Sur la loi spatiale de la brillance liminaire en vision extrafovéale.* Note (1) de M. **Ernest Baumgardt**, présentée par M. Armand de Gramont.

En nous basant sur les observations de Van der Velden (2) nous avons exposé qu'en vision par les bâtonnets une excitation doit avoir lieu chaque fois qu'au moins deux photons sont absorbés par des bâtonnets faisant partie d'un domaine rétinien constituant une *unité quasi indépendante*. Le diamètre d'une telle unité correspond à l'étendue des ramifications de la plus grande des cellules ganglionnaires présentes dans la région considérée. Ce diamètre est déterminé par l'expérience. Le calcul des probabilités montre que lors de la stimulation d'un domaine englobant plusieurs de ces unités, la brillance liminaire sera proportionnelle à la racine carrée de la surface. C'est la loi de Piper. Mais en vision extrafovéale par les bâtonnets, cette loi n'est pas vérifiée pour des surfaces dont le diamètre angulaire est inférieur à 1°, et le seuil de la vision extrafovéale des couleurs n'a pas été étudié en fonction de la surface stimulée. La théorie (3) quantique et statistique de l'excitation lumineuse permet de prévoir les résultats suivants, b étant la brillance liminaire et t le temps de stimulation :

1. Dans toute région extrafovéale, l'énergie liminaire bt en lumière bleue, après adaptation à l'obscurité, est constante, quelle que soit la surface stimulée à l'intérieur du domaine d'une unité quasi indépendante; c'est la loi de Ricco.

---

(1) Séance du 21 juillet 1947.

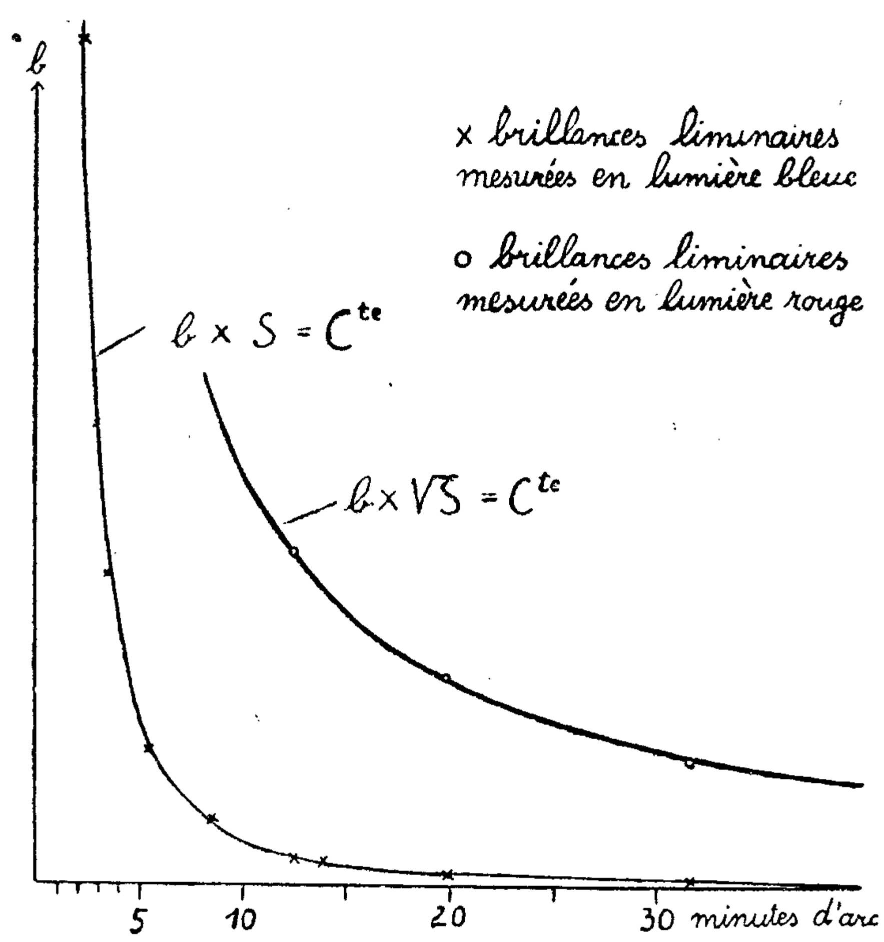
(2) *Physica*, **11**, 1944, pp, 179-189.

(3) *C. R. Soc. de Biol.* **141**, 1947, p. 7; *ibid.*, p. 94; *ibid.*, séance du 26 avril 1947.

2. En lumière rouge extrême, après adaptation à l'obscurité, la brillance liminaire assurant une sensation chromatique, doit satisfaire à la loi de Piper, car l'unité quasi indépendante y est constituée soit par un seul cône, soit par les deux cônes faisant partie de la même grappe. Aucun intervalle photochromatique ne doit exister.

Ces deux lois doivent s'appliquer quand les stimulations sont assez brèves pour que le produit bt ne dépasse pas la valeur constante qu'il prend pour les temps de stimulation t tels que $t \leqq \tau$, τ étant une constante dépendant de la région rétinienne, de la surface stimulée et du type des cellules réceptrices. Cette constante est déterminée par l'expérience.

Nous avons déterminé les brillances liminaires monoculaires en lumière rouge et en lumière bleue dans la zone IV de la rétine, à 15^d de la fovéa. La transparence du filtre rouge est < 1 % à 676 mμ, il ne laisse donc passer que du rouge extrême; le filtre bleu a son maximum à 479 mμ. La durée t des stimulations est de 8,3 millisec. pour les surfaces de 14′ ou plus de diamètre, de 20 millisec. pour les plus petites. Il a été vérifié par l'expérience que les lois des surfaces ainsi déterminées empiriquement sont indépendantes de t. Les mesures ont été opérées au moyen d'un tachistoscope et d'un photoptomètre de Polack modifié pour la circonstance : l'étalonnage du photoptomètre a montré que la brillance de la plage d'observation était uniforme et que cette brillance était effectivement proportionnelle à la surface du diaphragme.



Le sujet auquel le stimulus est présenté toutes les 9 secondes, ferme l'œil entre deux observations pour éviter toute fatigue et tout risque d'adaptation; un point rouge de très faible brillance permet une fixation correcte. J'ai

abandonné l'emploi inutile et gênant d'une pupille artificielle, car aux brillances liminaires aucune variation du diamètre pupillaire n'est à craindre, après adaptation à l'obscurité. Les angles visuels réalisés vont de 2′12″ à 31′36″. Chaque point de mesure traduisant la moyenne de deux sujets, représente 200 épreuves. Le manque de brillance m'a empêché d'étudier la vision en lumière rouge pour les très petites plages; l'étude sera reprise après construction d'un autre dispositif.

L'expérience confirme les prévisions de la théorie. Les points de mesure se placent très sensiblement sur les courbes $bS = \text{const.}$ en vision par les bâtonnets et $b\sqrt{S} = \text{const.}$ en vision par les cônes. Nous avons constaté en outre qu'en lumière rouge extrême la constante τ ne varie pas entre 12′30″ et 31′36″ (120 millisec.), tandis qu'en vision par bâtonnets elle passe de 25 à 10 millisec. Ceci prouve également que l'excitation liminaire des cônes extrafovéaux s'effectue par l'absorption de deux photons par un seul cône ou par deux cônes faisant partie de la même grappe. Nous avons constaté avec certitude que l'intervalle photochromatique est nul dans la vision du rouge extrême.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Influence de facteurs psychiques sur la mue et la reproduction de quelques Oiseaux Fringillidés.* Note (1) de M. **Léon Vaugien**, présentée par M. Maurice Caullery.

Des observations concernant plusieurs espèces de Fringillidés, Serin, Bouvreuil, Bengali, m'ont montré que la mue, qui ne se produit pas normalement durant la période d'activité sexuelle, peut cependant être déclenchée, durant cette période, par des facteurs externes intervenant vraisemblablement par l'intermédiaire du psychisme de l'individu. Des mues occasionnelles sont toujours accompagnées d'une suspension temporaire de l'activité reproductrice et d'un trouble physiologique profond, quelquefois même fatal à l'oiseau.

A différentes époques de l'année, une dizaine de Serins ont été transportés par chemin de fer entre Poitiers et la Roche-sur-Yon, villes distantes de 200$^{\text{km}}$. Sauf sur une femelle excellente pondeuse, dont l'activité sexuelle n'a pas été affectée, j'ai observé, lors de ces déplacements, des mues, d'autant plus accentuées que l'expérience était faite à une époque plus proche de la mue normale.

Un Serin mâle, ayant effectué en juillet 1946 sa mue normale, transporté en octobre de Poitiers à la Roche, subit, 5 jours environ après le voyage, une mue assez forte, affectant certaines rémiges et tectrices qui avaient été épargnées en juillet. En décembre 1946,

---

(1) Séance du 21 juillet 1947.

l'oiseau, toujours maintenu en activité sexuelle par l'éclairement artificiel, fut ramené à Poitiers et subit une mue très légère portant sur 10 tectrices et 2 rémiges secondaires. En même temps, il cache sa tête sous ses plumes gonflées, comme un individu malade. Cette mue cessa 10 jours après, lors du retour en Vendée. Fin mars 1947, un nouveau transfert à Poitiers est l'occasion d'une nouvelle mue, touchant une vingtaine de tectrices et 6 rémiges primaires, qui prend fin également lors du retour à la Roche-sur-Yon. Fin mai 1947, un troisième déplacement analogue provoque la chute de nombreuses tectrices, de 4 rémiges et de 4 rectrices. Enfin, en juillet, la mue normale s'effectue cependant, indépendamment de tout déplacement et touche cette fois la plupart des plumes épargnées jusqu'ici.

J'ajoute que l'oiseau qui, en dehors des périodes de mue ainsi provoquées, chantait et se montrait sexuellement actif vis-à-vis des femelles témoins, offrait durant un délai de trois semaines à un mois, à la suite de chaque transfert, un comportement analogue à celui d'un individu en mue d'été : il paraissait souffrant, ne chantait plus et ne manifestait aucun instinct sexuel.

Les conditions de nourriture et d'éclairement étant aussi identiques que possible dans les deux résidences, la cause des mues provoquées, dont l'analyse précise reste à entreprendre, peut être recherchée, soit dans le choc dû au voyage lui-même, soit dans le changement du milieu complexe réalisé dans la pièce d'élevage. J'ajoute que des mues occasionnelles analogues ont été obtenues chez le Bouvreuil et le Bengali en captivité.

Le temps qui s'écoule entre le voyage et le début de la mue provoquée est, d'après mes propres expériences sur la mue artificielle d'origine thyroïdienne, égal au temps de latence séparant les injections d'extrait thyroïdien de la chute des premières plumes. Cette constatation suggère l'intervention d'intermédiaires endocriniens dans le mécanisme de la mue provoquée. Cependant, le phénomène est beaucoup plus complexe qu'une simple augmentation du taux de l'hormone thyroïdienne. En effet, dans une expérience, une femelle de Serin en activité sexuelle, soumise pendant 10 jours à l'ingestion et à l'injection de produits thyroïdiens, ne perdit que quelques plumes, alors que, trois semaines plus tard, le transport de sujets témoins entraîna une mue abondante.

Toutes ces observations montrent que le rythme annuel de la reproduction et de la mue peut être modifié par des facteurs externes atteignant le système nerveux. Outre les facteurs psychiques complexes signalés ci-dessus, des modifications d'éclairement peuvent avoir le même effet. Chez des Serins soumis en hiver à l'éclairement artificiel continu et en pleine période de reproduction depuis 3 mois, la cessation brusque de l'illumination fait apparaître, au bout de 5 jours, une mue abondante, analogue à la mue normale d'été et arrête complètement l'activité reproductrice.

Tous ces faits mettent en évidence l'importance du système nerveux dans les phénomènes de périodicité sexuelle que l'on a trop volontiers tendance à considérer comme relevant uniquement du système endocrinien.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Inhibition de la décarboxylation oxydative de l'acide malique par le 2.4-dinitrophénol.* Note (1) de M. **André Lwoff** et Mlle **Hélène Ionesco**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

Du fait que la respiration d'*Escherichia coli* en présence de fumarate et de succinate est beaucoup plus sensible au 2.4-dinitrophénol (*d. n. p.*) que la respiration en présence d'acétate et de lactate, il a été conclu que le système des diacides ne joue pas un rôle important comme catalyseur respiratoire de l'oxydation de l'acétate et du lactate (2).

Après avoir constaté que la respiration de la bactérie *Moraxella Lwoffi* aux dépens de l'acide *l*-malique était moins sensible au *d. n. p.* que la respiration aux dépens de l'acide pyruvique, nous avons utilisé le *d. n. p.* pour mettre en évidence la production de pyruvate aux dépens du malate dans un milieu renfermant du phosphate (3), (4). Nous avons constaté depuis que l'attaque du pyruvate est considérablement ralentie en l'absence d'une source exogène de phosphore. Des bactéries développées dans un milieu où le phosphore est le facteur limitant et suspendues dans une solution de ClKM $\times 10^{-2}$ en présence de *l*-malate M/134 excrètent en abondance de l'acide pyruvique (5). En présence de phosphate, le pyruvate n'apparaît pas dans le milieu.

L'étude de la respiration dans les manomètres de Warburg montre que dans ces conditions le quotient respiratoire varie entre 1,5 et 1,7, ce qui correspond à l'ensemble de l'oxydation du malate en oxalo-acétate, de la décarboxylation oxydative du malate en pyruvate et de l'oxydation lente du pyruvate. La simple mesure de la respiration ne saurait donc donner qu'une indication globale grossière sur le métabolisme du malate. Pour savoir si le *d. n. p.* agit vraiment sur l'oxydation du malate, il faut doser les deux produits de sa déshydrogénation, les acides oxalo-acétique et pyruvique, dans des conditions où ces deux substances ne sont que peu ou pas métabolisées. C'est ainsi que nous avons étudié l'action du *d. n. p.* sur l'oxydation du malate.

Dans un tampon CO_3NaH/CO_2 à pH 7,2, en présence de ClKM $\times 10^{-2}$, le *d. n. p.* diminue de 60 % (5M $\times 10^{-5}$) ou de 80 à 95 % (M $\times 10^{-4}$) la production de pyruvate par les bactéries lavées. Les bactéries non centrifugées sont moins sensibles au *d. n. p.* que les bactéries centrifugées. Par contre, dans les mêmes conditions, le *d. n. p.* n'inhibe pas la réaction malate $\rightarrow$ oxalo-acétate; la production d'oxalo-acétate est même souvent plus élevée, de 25 %

(1) Séance du 16 juillet 1947.

(2) C. E. Clifton et W. A. Logan, *J. Bact.*, **37**, 1939, p. 523.

(3) A. Lwoff et A. Audureau, *Ann. Inst. Pasteur*, **74**, 1947 (à l'impression); A. Lwoff, *Cold Spring Harbor Symposium*, **11**, 1946, p. 139.

(4) A. Lwoff, A. Audureau et R. Cailleau, *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 303; A. Lwoff et R. Cailleau, *ibid.*, p. 678.

(5) A. Lwoff et H. Ionesco, *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 1664 et **225**, 1947, p. 77.

environ, en présence de *d. n. p.* Celui-ci inhibe donc la déshydrogénation décarboxylative et non la déshydrogénation simple de l'acide malique. La décarboxylation de l'oxalo-acétate, mesurée par dosage de l'oxalo-acétate disparu, est plus sensible au *d. n. p.* que la décarboxylation de l'acide malique. Elle est également plus sensible à l'acide malonique qui l'inhibe à concentration équimoléculaire, alors que la production de l'acide pyruvique aux dépens des acides succinique, fumarique et malique n'est inhibée que de 30 % par le malonate à concentration moléculaire 50 fois supérieure.

A l'appui de l'hypothèse que la décarboxylation oxydative du malate et de l'oxalo-acétate était liée à une phosphorylation ([3]), ([4]), ([5]) plaident les faits suivants :

1° La décarboxylation de l'oxalo-acétate, comme celle du malate, est liée à une déshydrogénation, c'est-à-dire à une réaction exergonique. 2° Le taux de croissance des bactéries à 28°, dans un milieu de pH 7,2 tampon CO_3NaH/CO_2 oxygéné par agitation, est de 1 en malate, de 0,65 en pyruvate. Parallèlement, l'absorption du phosphore est plus rapide en malate qu'en pyruvate. 3° L'ion K dont on connaît le rôle dans la réaction où intervient l'acide adénosine triphosphorique est nécessaire pour la décarboxylation du malate et de l'oxalo-acétate. Au contraire, la déshydrogénation du malate en oxalo-acétate a lieu avec la même vitesse en l'absence ou en présence de ClK. 4° Le *d. n. p*, qui inhibe la croissance ([6]), l'adaptation enzymatique ([7]) et, d'une manière générale, la fixation du phosphore ([8]), sans inhiber les déshydrogénations, inhibe ou empêche la décarboxylation du malate et de l'oxalo-acétate. 5° La déshydrogénation du malate peut suivant les cas s'effectuer avec ou sans décarboxylation. Ce n'est donc pas la déshydrogénation elle-même, laquelle aboutit d'ailleurs à l'acide oxalo-acétique, qui entraîne la décarboxylation, mais une réaction qui lui est liée.

De toute façon, le 2.4-dinitrophénol n'empêche pas la déshydrogénation du malate, mais inhibe la décarboxylation oxydative du malate et de l'oxalo-acétate.

PROTISTOLOGIE. — Orphella culici *n. sp., Entophyte parasite du rectum des larves de* Culex hortensis Fclb. Note ([1]) de M[lles] **Odette Tuzet** et **Jehanne-Françoise Manier**, présentée par M. Maurice Caullery.

En 1931, L. Léger et M. Gauthier ([2]) décrivaient, sous le nom d'*Orphella coronata* n. g. n. sp., un Entophyte voisin d'*Harpella melusinæ*, L. Léger et

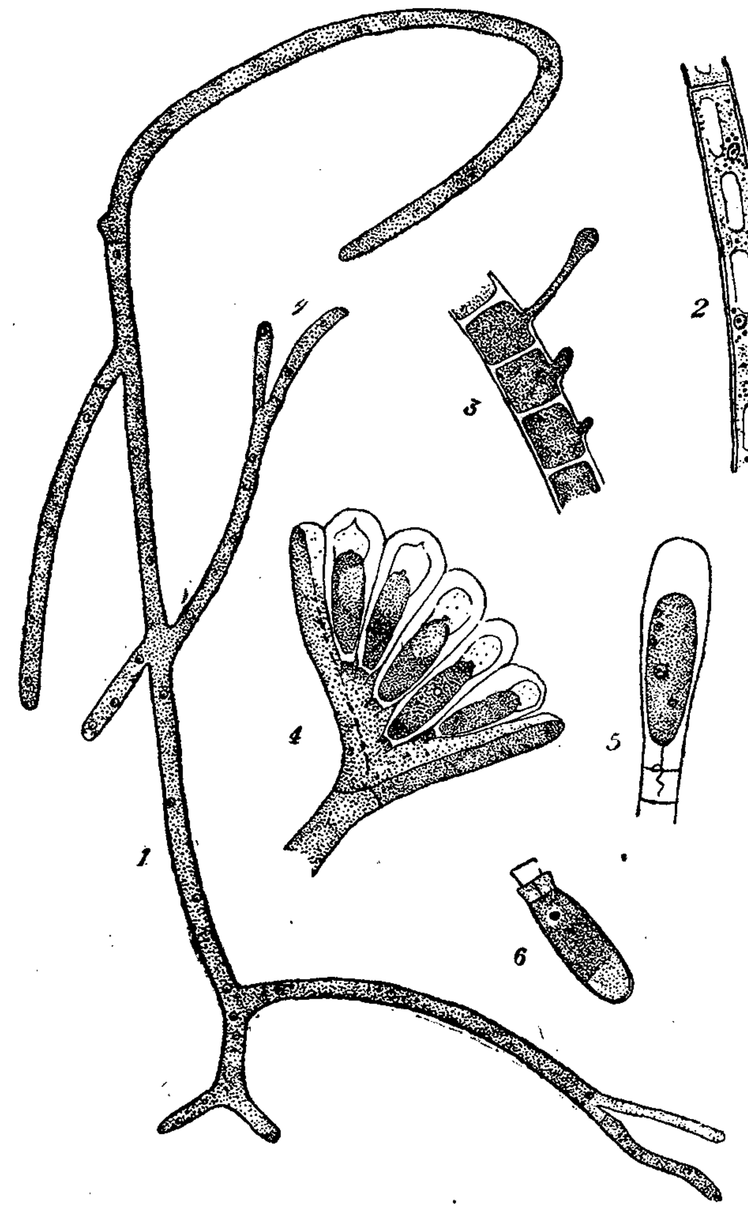
([6]) C. E. Clifton, *Adv. in Enzymol.*, 6, 1946, p. 269.
([7]) J. Monod, *Ann. Inst. Pasteur*, 70, 1944, p. 381.
([8]) P. D. Hotchkiss, *Adv. in Enzymol.*, 6, 1944, p. 153.

([1]) Séance du 16 juillet 1947.
([2]) *Trav. Lab. Hydrob. Grenoble*, XXIII[e] année 1931.

O. Duboscq 1929 ([3]), représentant, comme ce dernier, un genre nouveau de champignon parasite du tube digestif des Insectes.

Dans le rectum des larves des *Culex hortensis* du ruisseau du Verdanson (près Montpellier), nous avons observé une nouvelle espèce d'entophyte qui semble bien appartenir au genre *Orphella*. Seuls, les moustiques du Verdanson semblent parasités, des larves provenant d'autres stations ne contenant pas d'*Orphella*.

Le parasite, localisé dans le rectum, se montre sous la forme de longs filaments grêles, de 3$^{\mu}$,5 à 4$^{\mu}$ d'épaisseur. Ils sont rameux et cloisonnés (*fig.* 1).



1. Jeune filament rameux. (Bouin, H. F.). × 500. — 2. Un segment montrant les noyaux, les mitochondries et les vacuoles. (Champy, H. F.). × 1000. — 3. Filament avec prolongement, prélude de la formation des spores. (Bouin, H. F.). × 1000. — 4. Inflorescence de cinq spores avec les bractées. (Bouin, H. F.). × 1000. — 5. La spore avec son flagelle. × 1250. — 6. Spore mûre, sur le vivant. × 1000.

Sur le vivant, ils ont des granulations verdâtres et certain d'entre eux, à l'extrémité des rameaux, du pigment ochracé. La base de fixation n'est pas ici un pavillon, comme chez les Eccrinides. Elle semble faite par la ramification de l'extrémité postérieure du filament en deux ou trois courtes branches. Dans certains cas, cependant, les filaments terminaux auraient de fines ramifications radiculaires.

([3]) *Comptes rendus*, **188**, 1929, p. 951.

Sur les préparations fixées et colorées, les filaments se montrent faits de segments inégaux, ayant jusqu'à 60^{μ} de long sur 3 à 4^{μ} d'épaisseur. La membrane est mince; le protoplasme contient plusieurs noyaux par segment. Ils ont de 1^{μ} à $1^{\mu},5$ de diamètre, un gros caryosome et sont souvent difficiles à voir. De petites mitochondries granuleuses sont éparses dans le plasma; elles sont plus nombreuses dans le voisinage des noyaux (*fig.* 2). Le protoplasme contient, en outre, des granules sidérophiles, quelques grains de pigment ocre et, dans les filaments les plus larges, quelques grandes vacuoles.

C'est à l'extrémité des rameaux végétatifs que les spores asexuées prennent naissance. Ils se divisent en 5 ou 6 courts segments ne contenant chacun qu'un noyau. Chacun émet sur le côté un prolongement protoplasmique (*fig.* 3) dans lequel passe le noyau et qui se transforme en spore ovoïde. Celles-ci, qui se sont formées les unes au-dessous des autres, vont ensuite se disposer en éventail et donner une inflorescence en ombelle composée de 5 à 6 spores. Elle montre latéralement deux sortes de bractées faites de filaments stériles (*fig.* 4). Le capitule qui supporte les spores est formé par l'union des segments leur ayant donné naissance et qui sont presque vidés de leur protoplasme.

Chaque spore est contenue dans une loge. Les spores mesurent de 9 à 13^{μ} de long, sur $2^{\mu},5$ à 3^{μ} d'épaisseur, leur protoplasme est dense. Elles contiennent un noyau et des inclusions sidérophiles. Une des extrémités est obtuse et l'autre plus effilée. Cette dernière, qui est tournée vers le capitule, montre une sorte de plateau fortement colorable par l'H. F., qui est peut-être de nature centrosomienne et un flagelle grêle enroulé dans la base de la loge (*fig.* 5). Ce flagelle de la spore des Harpellacées a déjà été décrit par L. Léger et M. Gauthier en 1935 [4].

Une fois mûres, les spores asexuées se détachent du capitule. Nous les avons bien observées sur le vivant. L'extrémité antérieure, correspondant à celle qui était tournée vers le capitule au moment de la formation, possède une collerette hyaline, en dessous de laquelle est une sorte de prolongement protoplasmique séparé du reste du corps par une cloison (*fig.* 6). Nous avons observé dans ces spores le départ du flagelle, mais nous ne l'avons pas vu dans sa partie libre, soit parce que sa ténuité nous en a empêchée, soit parce qu'il a régressé à ce stade.

Nous rattachons cet Entophyte parasite des larves des *Culex hortensis* du Verdanson au genre *Orphella* Léger-Gauthier, à cause de la disposition des spores asexuées et de la base de fixation, représentée dans les deux cas par quelques courts filaments. Nous en faisons une espèce nouvelle, *Orphella culici*, car les spores asexuées ont un aspect particulier et leur mode de formation s'écarte de celui des spores *Orphella coronata*.

---

(4) *Comptes rendus* 200, 1935, p. 1458.

PHYSIOLOGIE PATHOLOGIQUE. — *Phénomène de « mésenchymatisation » dans certaines tumeurs spontanées de Souris non traitées et dans les tumeurs traitées.* Note (¹) de Mme **Nadine Dobrovolskaïa-Zavadskaïa** et Mlle **Irène Nekhorocheva**.

La bénignité relative des tumeurs squirrheuses est connue. Nous suivons actuellement une malade chez laquelle un nodule dur du sein droit, gros comme un œuf de pigeon, et un ganglion sous-claviculaire ont été diagnostiqués il y a plus de 3 ans. Cette malade a maintenant 82 ans; son nodule est devenu gros comme un œuf de poule, le mouvement du bras droit vers le haut est un peu limité, mais cela ne gêne pas beaucoup la malade, et elle reste active.

Chez la Souris, au contraire, le stroma est le plus souvent peu développé, et la tumeur est riche en cellules qui se nécrotisent facilement. Très rarement, l'on observe une vraie hypertrophie du stroma dont les travées épaissies compriment les groupes dissociés de cellules.

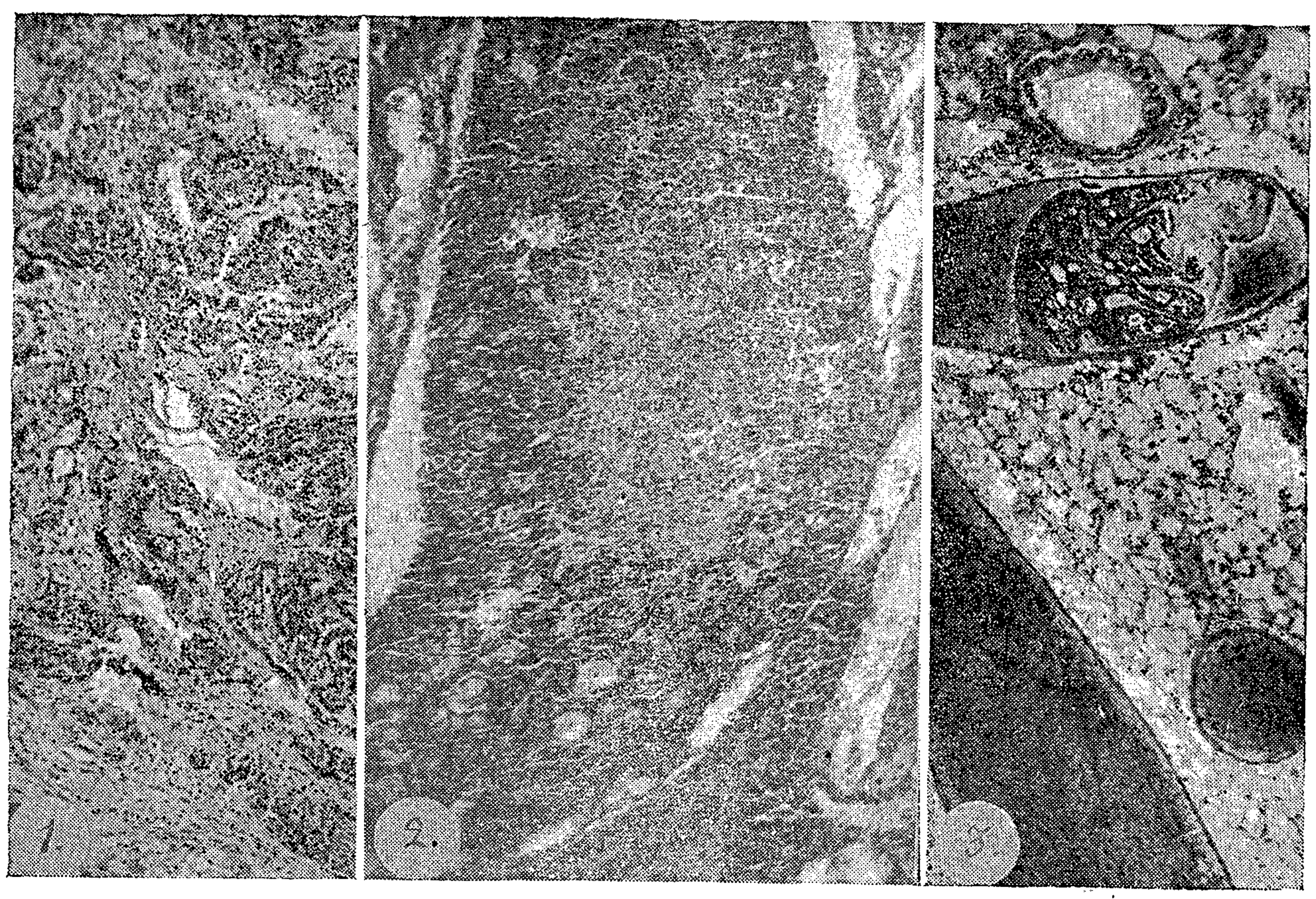


Fig. 1. — « Mésenchymatisation » stromale dans une tumeur non traitée.

Fig. 2. — « Mésenchymatisation » sous forme de plaques de collagène, en plein tissu cancéreux, dans un adénocarcinome mammaire traité par pénicilline.

Fig. 3. — Métastase-embolie d'adénocarcinome mammaire dans le poumon. Transformation collagène de sa partie supéro-droite et de plusieurs points à l'intérieur de la métastase. Souris traitée par l'acide ascorbique *per os* avec une solution à 2,5 % pendant 22 jours.

(¹) Séance du 21 juillet 1947.

Le phénomène que nous appelons *mésenchymatisation* ne se limite pas au stroma; c'est une espèce de substitution directe du tissu conjonctif au tissu cancéreux : elle semble être accompagnée d'une transformation chimique rapprochant le cytoplasme cancéreux du collagène.

Il est possible que le stroma joue un rôle inducteur dans ce processus, mais rapidement il empiète largement et irrégulièrement sur le tissu en dehors du stroma. Ainsi sur la figure 1, on voit des plaques de tissu conjonctif dans lesquelles sont incorporés beaucoup de noyaux cancéreux dont certains commencent à s'étirer à la manière de fibroblastes.

Il n'existe pas de compression des cordons néoplasiques sur cette coupe; au contraire, on distingue beaucoup d'espaces vides, ou plutôt remplis par le liquide résultant de la cytolyse néoplasique diffuse. La topographie stromale est embrouillée, et l'interpénétration intime du tissu cancéreux et du tissu collagène est nette sur les préparations colorées par le picro-ponceau. Cette Souris n'a subi aucun traitement.

Sur la figure 2, le stroma est très maigre. Néanmoins, les plaques de collagène surgissent et la *mésenchymatisation* progresse au centre d'un gros cordon plein (et dans beaucoup d'autres cordons pareils). Cette Souris a été traitée par la pénicilline pendant 28 jours.

La figure 3 représente une métastase-embolie d'adénocarcinome mammaire dans le poumon. Sa partie supéro-droite est transformée en une motte de tissu collagène, gardant encore les restes de noyaux néoplasiques incorporés; plusieurs petits points de transformation semblable à l'intérieur de la métastase. Cette Souris a été traitée par l'acide ascorbique pendant 22 jours.

Pour résumer, le phénomène de *mésenchymatisation* se distingue de la simple hypertrophie stromale par l'absence de compression des cellules cancéreuses, par l'apparition à l'intérieur des cordons de plaques en voie d'homogénéisation, s'imprégnant de colorants caractéristiques du collagène, et incorporant les noyaux néoplasiques qui se distinguent facilement des fibroblastes.

Ce processus peut être observé dans les tumeurs non traitées sous forme de *mésenchymatisation* stromale (liée au stroma); dans les tumeurs traitées, il surgit souvent en plein tissu néoplasique, sans liaison apparente avec le stroma, et amène un remplacement plus ou moins étendu, du tissu cancéreux par le tissu conjonctif

La séance est levée à 15h55m.

A. Lx.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 4 AOUT 1947.

PRÉSIDENCE DE M. LOUIS BLARINGHEM.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **MINISTRE DE L'ÉDUCATION NATIONALE** adresse ampliation du décret, en date du 16 juillet 1947, portant approbation de l'élection que l'Académie a faite de M. **GUSTAVE RIBAUD** pour occuper, dans la Section de Physique générale, la place vacante par la mort de M. *Paul Langevin*.

Il est donné lecture de ce décret.

Sur l'invitation de M. le Président, M. **GUSTAVE RIBAUD** prend place parmi ses Confrères.

M. le **PRÉSIDENT** s'exprime en ces termes :

ÉMILE-AUGUSTE-JOSEPH DE WILDEMAN, Correspondant de la Section de Botanique de l'Institut de France depuis le 27 mars 1939, où il succéda à Victor Grégoire, le distingué cytologiste de l'Université de Louvain, est décédé à Bruxelles le 24 juillet 1947, âgé de 80 ans.

Par ses travaux de Systématique et de Biologie, il a donné à l'élite coloniale de la noble Belgique des documents scientifiques et pratiques qui contribuent efficacement au développement de l'Empire du Congo et dont s'inspirent tous nos pionniers de la mise en valeur de l'Afrique tropicale. Le beau Mémoire publié en 1938 par l'Institut colonial Belge sur les *Dioscorea alimentaires et toxiques* (262 p. in-8°), est à la fois une révision des nombreuses espèces et variétés de ce genre très répandu et cultivé pour ses racines alimentaires, une analyse délicate des caractères botaniques où nectaires extrafloraux et domaties sont mis en évidence avec leur intérêt biologique, enfin un programme d'études pratiques. Émule de Jules Planchon de Montpellier († 1888), d'Édouard Heckel de Marseille († 1916), ces savants nous ont fait connaître la diversité et les particularités utiles et nocives de ces plantes, en partie cultivées et propagées au cours des siècles par les peuples autochtones.

Aux Écoles de Léo Errera et de Jean Massart, de Wildeman a donné sur la

Biologie générale des notions nouvelles par leur originalité et leur portée philosophique dont l'Étude des *Mucilages, productions défensives et nutritives chez les Algues* (1939), et le bref sommaire *Les plantes vieillissent-elles?* (1943); et, par ailleurs, succédant à François Crépin, le spécialiste des formes sauvages de Rosiers, à Charles Bommer à la direction de l'Herbier célèbre du Jardin botanique de l'État à Bruxelles, il s'est acquis pour la sécurité des diagnoses des plantes des Tropiques une réputation mondiale. Notre Confrère Auguste Chevalier en donne les résultats qui trahissent une connaissance parfaite et un effort remarquable par sa continuité et les difficultés vaincues.

Notice nécrologique sur Emile-A.-J. de Wildeman (1866-1947), par M. Auguste Chevalier.

Nous avons appris lundi dernier la mort de notre Confrère Émile de Wildeman, correspondant de la section de Botanique, décédé à Bruxelles, le 24 juillet 1947, à l'âge de 80 ans. Il était né à Saint-Josse-ten-Noode le 19 octobre 1866. Il y a peu de jours encore il nous entretenait de ses études et regrettait de n'avoir pas de tirages à part de ses travaux récents à nous communiquer. Tous ceux qui s'intéressent à la Flore d'Afrique tropicale et à l'Agriculture coloniale connaissaient l'œuvre de notre Confrère.

Sans avoir jamais mis les pieds en Afrique, il devint à partir de 1900 un des mentors de l'étude scientifique de la végétation de l'Afrique tropicale, de sa flore, de ses productions forestières, de ses cultures. Il avait vu partir en Afrique ses amis de jeunesse Alfred Dewevre et Émile Laurent qui ne devaient pas revenir. C'est probablement la raison pour laquelle il renonça à voyager et se contenta d'étudier dans le laboratoire tous les spécimens d'herbier venant d'Afrique et de dépouiller toutes les photos et les notes prises sur le vif que d'autres rassemblaient dans la nature. Il avait près de lui deux êtres chers : M^me^ de Wildeman et sa fille M^lle^ Simone de Wildeman, qui étaient ses collaboratrices assidues et elles ne l'auraient point laissé partir. Ce qu'il n'avait pas vu lui-même, il l'étudia dans le Cabinet et le Laboratoire, à l'aide de matériaux rassemblés par d'autres et avec une activité inlassable. Ses publications sur la flore du Congo belge ne peuvent s'inventorier tant elles sont nombreuses. Il a décrit dans sa vie de 2000 à 3000 espèces végétales d'Afrique. Toutes ne survivront pas. Un assez grand nombre sont déjà passées en synonymie. Mais il en restera un grand nombre, tant il a travaillé. Sur l'agronomie tropicale il a produit aussi beaucoup. Sa documentation sur ce chapitre était faite surtout de lectures et de renseignements pris auprès de ceux qui revenaient d'Afrique. De cet ensemble de documents, il savait tirer des synthèses aussi vivantes que s'il avait observé par lui-même.

Ses conseils étaient toujours justement pris au sérieux. Il a rendu de grands services à son pays et à l'agriculture tropicale en général. Il fut l'animateur de

quantité d'organismes; directeur pendant plus de 20 ans du Jardin botanique de l'État à Bruxelles, chargé de cours coloniaux à l'Université de Gand, membre de l'Académie des Sciences, Lettres et Beaux-Arts de Belgique, de l'Institut royal colonial belge d'Anvers, de l'Institut colonial international. Notre Académie des Sciences l'avait élu Correspondant en 1939.

L'œuvre scientifique que laisse Émile de Wildeman est tellement touffue et variée, tellement importante pour les problèmes de biologie tropicale et de sciences coloniales qu'il est difficile de la résumer.

Après de bonnes études de sciences naturelles et de pharmacologie à l'Université de Bruxelles, de Wildeman obtient le diplôme de pharmacien le 17 mars 1887, mais c'est vers la recherche désintéressée qu'il s'orienta dès qu'il eut conquis ses diplômes. Élève du Professeur Léon Errera, il assista d'abord ce dernier dans ses recherches. Il s'orienta tout d'abord vers la cytologie. Son premier travail : *Premières recherches au sujet de l'influence de la température sur la marche, la durée et la fréquence de la cariocinèse dans le règne végétal,* parut en 1891 dans le Journal de la Société des sciences médicales et naturelles de Bruxelles.

Puis il publia successivement : *Présence et localisation d'un alcaloïde dans quelques Orchidées* (1892), *Recherches sur la structure cellulaire et la division du noyau* (*Notarisia,* 1892), *Étude sur l'attache des cloisons cellulaires* (1896), *Flore des Algues d'eau douce de Belgique* (1896). En 1890, il était entré comme préparateur au Jardin botanique de Bruxelles et F. Crépin, directeur de l'établissement, allait orienter ses recherches à partir de 1896 sur la Botanique systématique tropicale et spécialement sur la flore du Congo. Grâce à l'opiniâtreté du roi Léopold II, la Belgique venait d'acquérir un grand empire, nommé d'abord *État indépendant du Congo,* plus tard *Congo belge,* grand comme 20 fois la Belgique. De ce pays tout était inconnu. Stanley, qui venait de traverser l'immense bassin du Congo, avait intitulé le récit de son voyage « Dans les ténèbres de l'Afrique »; c'étaient en effet de profondes ténèbres. La géographie, les hommes, la flore, la faune, tout était à découvrir. On aura une idée de notre ignorance sur la flore par la remarque suivante : Dans le premier Conpendium de la flore du Congo belge, publié en 1896 par Th. Durand et H. Schinz, on relève seulement 1000 espèces végétale connues au Congo. On en compte aujourd'hui environ 8000, et le plus grand nombre des espèces nouvelles ont été décrites par Émile de Wildeman. Dès 1898, il s'attelle à l'étude de tous les herbiers que les explorateurs du Congo rapportent en Belgique, et il publie une foule de travaux dont nous ne pouvons citer que les plus importants : *Contribution à la Flore du Congo* (1899-1901), *Flore du bas et du moyen Congo* (1903-1906), *Études sur la Flore du Katanga* (1902-1903), *Plantæ Thonnerianæ Congolenses* (1900), Reliquiæ Dewevreanæ (1901), *Plantes de la Mission Laurent* (1905), Plantes de la Mission de Briey (1920), Plantæ Bequærtianæ (1921-1932), Plantæ novæ, *Prodrome de la Flore*

du Congo belge (en collaboration avec Th. Durand), *Icones selectæ horti Thenensis, Documents pour l'étude de la Géobotanique congolaise,* Étude sur la Flore des Bengala et de l'Ubangi 1911-1920. Remarques à propos de la Forêt équatoriale congolaise.

Sur l'agriculture tropicale il a publié aussi des Ouvrages importants : *Les plantes tropicales de grande culture* (1902), *Lianes à caoutchouc du Congo belge* (1904), *Mission forestière et agricole au Mayombe* où il commente les résultats des recherches du comte de Briey, tué à la guerre de 1914-1918, laissant des travaux inachevés. Les forêts congolaises et leurs principales essences économiques (1926). Son dernier Ouvrage important, *Études sur les Coffea,* parut en 1942. La plupart de ses Ouvrages sont accompagnés de magnifiques planches. Ayant obtenu l'aide du Gouvernement belge ou des grandes Sociétés belges à une époque où il existait encore des Mécènes en Europe, il sut attacher à son œuvre les derniers grands dessinateurs français de plantes, notamment d'Apreval et Faguet, et leurs beaux dessins agrémentent ses Ouvrages. Atteint par la limite d'âge en 1931, il fut dans l'obligation d'interrompre ses recherches sur la flore congolaise, recherches qui se poursuivent aujourd'hui sous la direction de M. Robyns. Il se retire alors au Musée colonial de Tervueren où il a encore un riche matériel d'études à sa disposition.

Les seize dernières années de sa vie sont consacrées à des études de biologie, d'écologie et de physiologie qui paraissent dans les *Comptes rendus de l'Académie de Belgique* ou dans les *Mémoires de l'Institut royal colonial belge* et dans différentes revues. Ce sont plutôt des travaux de synthèse que d'observation directe. Il y a quelques mois, dans le *Bulletin de l'Académie royale de Belgique,* il signalait le phénomène d'*allélopathie*, appellation sous laquelle il désigne non seulement les phénomènes d'attirance les unes pour les autres en associations végétales de certaines espèces, mais aussi de ce que nous appelons « assolements » en agriculture et l'incompatibilité pour certaines cultures de succéder les unes aux autres. Il rapprochait ce phénomène de celui que notre confrère Gabriel Bertrand désigne sous le nom de *télétoxie*.

Bien que n'ayant jamais observé par lui-même les cultures tropicales, il se fit, dès 1929, devant l'Institut colonial international, le défenseur de l'agriculture des autochtones, soutenant cette thèse que peu à peu les plantations des colons européens devraient être éliminées en Afrique par les cultures des indigènes, ceux-ci ayant beaucoup moins de frais et pouvant améliorer leurs techniques si l'on veut faire leur éducation. Il fut âprement combattu à une époque où certains Belges prétendaient encore justifier le travail obligatoire des Noirs qui avait été longtemps pratiqué au Congo belge. Il défendit sa thèse du travail agricole libre avec grand courage, montrant l'avenir de l'agriculture « par et pour l'indigène ».

M^lle^ Simone de Wildeman nous écrit que depuis deux ans son père n'avait pas quitté sa maison, s'affaiblissant de jour en jour, mais il conserva son acti-

vité et sa lucidité jusqu'au dernier jour. Depuis des mois il souffrait moralement de ne plus se sentir capable de faire un travail suivi, et cela lui était encore plus pénible que les souffrances physiques.

« La guerre, la situation d'après guerre, le retard apporté dans la publication de ses mémoires déposés en 1943 et les années suivantes et non encore publiés, avaient fortement handicapé son moral. Depuis quelques semaines il s'affaiblissait progressivement, mais rien ne faisait prévoir une fin brusque ». Le 24 juillet dernier il s'éteignit subitement sans souffrance, dans les bras de sa fille.

J'ai dû composer cette notice avec mes propres souvenirs et les renseignements rapides que m'ont fournis M. Robyns, directeur du Jardin Botanique de Bruxelles, et M[lle] de Wildeman. Son père n'avait pas voulu que celle-ci rédige à l'avance une notice bibliographique sur ses travaux, sous prétexte qu'il ne voulait pas être enterré de son vivant. « Cela se fera, disait-il, après ma mort. »

« Je ne pourrai pas fournir d'extraits de journaux, ajoute M[lle] de Wildeman, car mon père avait défendu les discours et demandé des obsèques très simples. »

C'est un naturaliste de grande classe qui s'est éteint; il a servi la science et son pays pendant une longue vie de travail; c'était aussi un grand ami de la France. Lié à une vieille famille de naturalistes français, parmi lesquels brille le nom de Dautzenberg le conchiliologue, il venait souvent avant 1939 à Paris où il avait des amitiés solides à notre Muséum national d'Histoire naturelle. Nous adressons à M[lle] Simone de Wildeman nos condoléances émues.

M. le Secrétaire perpétuel dépose sur le Bureau de l'Académie une brochure intitulée *Jubilé du Médecin général inspecteur H. Vincent, membre de l'Institut et de l'Académie nationale de Médecine*, 5 janvier 1946.

M. Frédéric Joliot fait hommage à l'Académie d'un Ouvrage de M. André Berthelot, intitulé *De l'atome à l'énergie nucléaire*, dont il a écrit la *Préface*.

CORRESPONDANCE.

M. le Secrétaire perpétuel signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Giuseppe Colosi. *Gli organismi e il mondo esterno*.

2° *Geschichte der Akademie der Wissenschaften in Wien*, 1847-1947, von Richard Meister.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la composition d'une fonction sommable et d'une fonction bornée.* Note [1] de M. **Arne Beurling**, présentée par M. Gaston Julia.

Le but de cette Note est de déduire une condition, exprimée en termes des transformées de Fourier usuelles et généralisées, pour que trois fonctions satisfassent à la relation

$$\psi(x)=\int_{-\infty}^{\infty}\mathrm{K}(y)\,\varphi(x-y)\,dy=\mathrm{K}\star\varphi, \tag{1}$$

dans le cas où K est supposé sommable, φ borné et mesurable et ψ borné et continu. Nous allons traiter ce problème en employant surtout l'égalité de Parseval pour la transformation de Fourier et la notion de transformée harmonique $\mathrm{U}_\varphi(\sigma, t)$ d'une fonction bornée φ,

$$\mathrm{U}_\varphi(\sigma, t)=\int_{-\infty}^{\infty}\varphi(y)\,e^{-ity-\sigma|y|}\,dy,\qquad \sigma>0. \tag{2}$$

Théorème 1. — *Pour que* (1) *ait lieu il faut et il suffit, dans le cas où* K *satisfait à la condition supplémentaire*

$$\mathrm{A}=\int_{-\infty}^{\infty}|y|^{\frac{1}{2}}|\mathrm{K}(y)|\,dy<\infty, \tag{3}$$

que l'on ait

$$\mathrm{I}(\sigma)=\frac{1}{2\pi}\int_{-\infty}^{\infty}|k(t)\mathrm{U}_\varphi(\sigma, t)-\mathrm{U}_\psi(\sigma, t)|^2\,dt\to 0,\qquad \sigma\to+0, \tag{4}$$

$k(t)$ étant la transformée de Fourier de $\mathrm{K}(y)$.

Démontrons d'abord que (1) entraîne (4). Pour σ fixe et >0 les fonctions $k(t)\mathrm{U}_\varphi(\sigma, t)$ et $\mathrm{U}_\psi(\sigma, t)$ sont respectivement les transformées de Fourier des fonctions à la fois sommables et à carré sommables

$$\int_{-\infty}^{\infty}\mathrm{K}(y)\varphi(x-y)\,e^{-\sigma|x-y|}\,dy,\qquad \psi(x)\,e^{-\sigma|x|}=\int_{-\infty}^{\infty}\mathrm{K}(y)\varphi(x-y)\,e^{-\sigma|x|}\,dy,$$

d'où résulte, d'après la relation de Parseval,

$$\mathrm{I}(\sigma)=\int_{-\infty}^{\infty}\left|\int_{-\infty}^{\infty}\mathrm{K}(y)\varphi(x-y)\{e^{-\sigma|x-y|}-e^{-\sigma|x|}\}\,dy\right|^2dx,$$

et d'où l'on obtient à l'aide de l'inégalité de Schwarz, en supposant $|\varphi|\leq\mathrm{M}$ et en tenant compte de (3),

$$\mathrm{I}(\sigma)\leq\mathrm{AM}^2\int_{-\infty}^{\infty}\int_{-\infty}^{\infty}|\mathrm{K}(y)|\,|y|^{-\frac{1}{2}}\{e^{-\sigma|x-y|}-e^{-\sigma|x|}\}^2\,dy\,dx.$$

---

[1] Séance du 16 juillet 1947.

Changeant l'ordre d'intégration et introduisant l'inégalité

$$\frac{1}{|y|}\int_{-\infty}^{\infty}\{\quad\}^2 dx = \frac{2}{\sigma|y|}(1-e^{-\sigma|y|}-\sigma|y|e^{-\sigma|y|}) \leqq \frac{4\sigma|y|}{1+\sigma^2y^2},$$

on aura

$$\text{(6)}\qquad I(\sigma) \leqq 4AM^2\int_{-\infty}^{\infty}|K(y)|\,|y|^{\frac{1}{2}}\frac{\sigma|y|}{1+\sigma^2y^2}dy,$$

d'où résulte (4), car $\sigma|y|/(1+\sigma^2y^2)\to 0$ en restant borné quand $\sigma\to+0$.

Démontrons maintenant que (4) entraîne (1). Posons à cet effet $K*\varphi=\psi_1$, et désignons par $I_1(\sigma)$ l'intégrale (4) avec U_{ψ_1} à la place de U_ψ. Comme nous venons de voir, $I_1(\sigma)$ tend vers zéro pour $\sigma\to+0$, tandis que, par hypothèse, $I(\sigma)$ jouit de la même propriété. Il en résulte d'après l'inégalité de Minkowski et l'égalité de Parseval,

$$0=\lim_{\sigma=+0}\frac{1}{2\pi}\int_{-\infty}^{\infty}|U_{\psi_1}-U_\psi|^2 dt=\lim_{\sigma=+0}\int_{-\infty}^{\infty}e^{-2\sigma|x|}|\psi_1-\psi|^2 dx,$$

d'où $\psi_1\equiv\psi$, les fonctions étant continues.

Supposons maintenant que

$$\text{(7)}\qquad \int_a^b|U_\varphi(\sigma, t)|^2 dt \leqq c < \infty \qquad (\sigma>0).$$

Dans cette condition la limite $U_\varphi(0, t)=\lim\limits_{\sigma=+0}U_\varphi(\sigma, t)$ existe presque partout sur (a, b) et l'on obtient le résultat suivant, en employant de nouveau la relation (4) et l'égalité de Parseval :

THÉORÈME II. — *Soit* (7) *vérifié et soit* $k(t)=0$ *en dehors de* (a, b). *La composition* $K*\varphi$ *est alors à carré sommable et sa transformée de Fourier-Plancherel* $=0$ *en dehors de* (a, b) *et* $=k(t)U_\varphi(0, t)$ *sur* (a, b).

GÉOMÉTRIE. — *Sur une classe de surfaces en relation avec les développables d'une congruence de droites et sur les surfaces ayant un réseau orthogonal de courbes planes.* Note de M. **Adolf Haimovici**, transmise par M. Élie Cartan.

1. Nous nous proposons d'étudier dans cette Note les surfaces ayant un réseau orthogonal de courbes planes. Nous poserons ces surfaces en relation avec la congruence des droites d'intersection des plans des deux familles de courbes planes et avec les développables engendrées par les plans des courbes, et nous démontrerons que *si l'on se donne arbitrairement deux surfaces développables, il existe une surface et une seule passant par une courbe quelconque de l'espace et sur laquelle les plans générateurs des développables déterminent un réseau orthogonal de courbes planes*. Ce théorème peut aussi être énoncé sous la forme : *si l'on se donne arbitrairement une congruence de droites à focales développables*

et une courbe arbitraire de l'espace, il existe une surface et une seule passant par la courbe donnée et sur laquelle les développables de la congruence déterminent un réseau orthogonal. Une généralisation immédiate de ce théorème sera la suivante : *si l'on se donne une congruence quelconque de droites, par chaque courbe de l'espace il passe une surface sur laquelle les développables de la congruence déterminent un réseau orthogonal.*

2. Soient :

$$\xi_i = x_i(u, v) + \lambda X_i(u, v) \qquad (i = 1, 2, 3) \tag{1}$$

les équations d'une congruence de droites, x_i étant les coordonnées d'un point de la surface moyenne, X_i les cosinus directeurs de la droite génératrice, λ l'abscisse sur le rayon de la congruence, et u et v les paramètres des développables. Soient E, F, G les coefficients de la première forme fondamentale et 2ρ la distance entre les deux foyers d'une droite. Soient enfin :

$$\xi_i = x_i(u, v) + \lambda(u, v) X_i(u, v) \tag{2}$$

les coordonnées d'un point d'une surface, u et v étant les paramètres des courbes d'intersection de cette surface avec les développables de la congruence. Pour arriver au théorème général énoncé plus haut, il faut écrire la condition d'orthogonalité entre ces lignes :

$$\left(\frac{\partial\lambda}{\partial u} + \frac{\partial\rho}{\partial u} + 2b\rho\right)\left(\frac{\partial\lambda}{\partial v} - \frac{\partial\rho}{\partial v} - 2a\rho\right) + (\lambda^2 - \rho^2)\mathrm{F} = 0, \qquad a = \begin{Bmatrix} 12 \\ 1 \end{Bmatrix}, \qquad b = \begin{Bmatrix} 12 \\ 2 \end{Bmatrix}, \tag{3}$$

$\begin{Bmatrix} 12 \\ 1 \end{Bmatrix}$ et $\begin{Bmatrix} 12 \\ 2 \end{Bmatrix}$ étant les symboles de Christoffel de seconde espèce par rapport à la première forme fondamentale. La relation (3) est une équation aux dérivées partielles du premier ordre. Les théorèmes d'existence énoncés plus haut sont alors une conséquence immédiate des théorèmes d'existence des intégrales des équations aux dérivées partielles du premier ordre.

QUELQUES CAS PARTICULIERS.

a. Les lignes du réseau sont des lignes de courbure planes. La quantité λ s'obtient par des quadratures.

b. Les deux surfaces focales se réduisent à des courbes. L'équation (3) se réduit alors à :

$$\left(\frac{\partial\lambda}{\partial u} - \frac{\partial\rho}{\partial u}\right)\left(\frac{\partial\lambda}{\partial v} + \frac{\partial\rho}{\partial v}\right) + (\lambda^2 - \rho^2)\mathrm{F} = 0.$$

Une intégrale particulière est $\lambda' = (k^2/\rho)$. Si les deux courbes focales sont les droites

$$x = 0, \quad z = h \quad \text{et} \quad y = 0, \quad z = -h,$$

la surface aura un réseau orthogonal de courbes planes et son équation sera :

$$\frac{x^2}{(z-h)^2} + \frac{y^2}{(z+h)^2} + \frac{k^2 z + h^3}{h^3} = 0.$$

c. Les lignes du réseau sont situées dans des plans passant par un point fixe. (3) devient :

$$\frac{\partial\lambda}{\partial u}\frac{\partial\lambda}{\partial v}+\lambda^2 F=0.$$

L'intégrale générale de cette équation s'obtient par des quadratures. Un cas particulier intéressant est offert par la surface

$$z(x^2+y^2+z^2-a^2)=\pm 2axy,$$

dont les plans des lignes orthogonales passent par Ox et Oy respectivement.

d. La congruence de droites est une congruence de normales. Considérons alors sur chaque développable d'une famille une trajectoire orthogonale quelconque des génératrices. Le lieu de ces courbes est une surface de la catégorie cherchée.

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Sur certains paramètres caractéristiques des systèmes d'événements compatibles et dépendants et leur application au calcul des cumulants de la répétition.* Note [1] de M. **Marcel-Paul Schutzenberger**, transmise par M. Gaston Julia.

Étant donné l'événement *composé* : $A=(a_1, a_2, \ldots, a_n)$, réalisé quand et seulement quand les n événements *simples* $a_1, a_2, \ldots, a_n$ le sont simultanément, on appellera *déviation d'indépendance* de A, l'expression

$$\gamma(A)=\gamma(a_1, a_2, \ldots, a_n)=2^n\Sigma(-1)^{\nu-1}(\nu-1)!\,\Pr(B_1)\Pr(B_2), \ldots, \Pr(B_\nu),$$

où la sommation est étendue à toutes les partitions de l'ensemble $a, a_1, \ldots, a_n$, en $\nu(1\leqq\nu\leqq n)$ sous-ensembles auxquels sont attachés les événements B_i.

Par exemple :

$$\gamma(ab)=4(\Pr(ab)-\Pr(a)\Pr(b)),$$
$$\gamma(abc)=8\{\Pr(abc)-\Pr(a)\Pr(bc)-\Pr(b)P(ca)-\Pr(c)\Pr(ab)+2\Pr(a)\Pr(b)\Pr(c)\}.$$

On pose

$$\gamma(a)=2\left(\Pr(a)-\frac{1}{2}\right).$$

Si l'on suppose que n_1 événements sont identiques à a_1, n_2 à a_2, ..., n_i à a_i, on obtient une *déviation contractée* par

$$\gamma(a^2b)=8\left[\Pr(ab)-2\Pr(a)\Pr(ab)-\Pr(a)\Pr(b)+2\left(\Pr(a)\right)^2\Pr(b)\right],$$
$$\gamma(a^3)\;=8\left[\Pr(a)-3\left(\Pr(a)\right)^2+2\left(\Pr(a)\right)^3\right].$$

On démontre directement : si l'ensemble $a_1, a_2, \ldots, a_n$ peut être décomposé

---

(1) Séance du 28 juillet 1947.

en deux sous-ensembles tels que tout événement composé à partir des événements simples du premier soit indépendant de tout événement composé à partir du second, alors $\gamma(a_1, a_2, \ldots, a_n) = 0$. Notamment $\gamma(\mathrm{A}) = 0$ si l'un des a_i ou son négat est presque certain.

De cette constatation découle immédiatement : les γ sont des fonctions alternées des a_i, c'est-à-dire que si A′ ne diffère de A que par la substitution de m négats d'événements simples à ces événements eux-mêmes,

$$\gamma(\mathrm{A}') = (-1)^m \gamma(\mathrm{A}).$$

Un calcul direct à partir des formules classiques montre alors que le $i^{\text{ième}}$ cumulant (semi-invariant) $\varkappa_i$ de la répétition r dans un système de n événements peut s'écrire symboliquement

$$2^i \varkappa_i = \big((a_1 + a_2 + \ldots + a_n)\big)^i,$$

où chaque terme $a_1^{n_1} a_2^{n_2} \ldots a_\nu^{n_\nu}$ du développement doit être remplacé par la déviation correspondante $\gamma(a_1^{n_1} a_2^{n_1} \ldots a_\nu^{n_\nu})$.

On obtient ainsi pour les premiers cumulants

$$\begin{aligned}
\varkappa_1 &= 2\bar{r} - n \\
\varkappa_2 &= 2 \sum_{(a,b)} \big(\Pr(ab) - \Pr(a)\Pr(b)\big) + \sum_{(a)} \Pr(a)\big(1 - \Pr(a)\big) \\
\varkappa_3 &= 6 \sum_{(a,b,c)} \big(\Pr(abc) - \Pr(a)\Pr(bc) - \Pr(b)\Pr(ac) - \Pr(c)\Pr(ab) + 2\Pr(a)\Pr(b)\Pr(c)\big) \\
&\quad + 6 \sum_{(a,b)} \big(\Pr(ab) - \Pr(a)\Pr(b)\big)\big(1 - \Pr(a) - \Pr(b)\big) \\
&\quad + \sum_{a)} \big(\Pr(a)\big)\big(1 - \Pr(a)\big)\big(1 - 2\Pr(a)\big).
\end{aligned}$$

A partir de ces formules, on peut aisément retrouver ou établir un certain nombre de cas de tendances vers la normalité. On citera : si les a_i en nombre n sont tels que tous les $\gamma(a_i, a_j)$ soient positifs, finis et différents de zéro, la distribution de $\rho = (r - \bar{r})/\sigma$ tend vers une distribution normale quand $n \to \infty$, car les cumulants d'ordre i de ρ sont au plus d'ordre $n^{1-(i/2)}$.

RELATIVITÉ. — *Note sur une nouvelle solution des équations de la gravifique relativiste et ses conséquences cosmologiques.* Note (1) de M. **Théophile-T. Vescan.**

Les équations de Friedmann (2) du champ gravifique de la théorie de la relativité généralisée, qui forment la base de la théorie de l'expansion de

(1) Séance du 30 juin 1947.

(2) *Zeitschrift f. Physik*, **10**, 1922, p. 377; **21**, 1924, p. 326; Haas, *Kosmologische Probleme der Physik*, 1934, p. 80.

l'Univers, sont les suivantes :

$$(1)\qquad 2R\ddot{R} + \dot{R}^2 + c^2 = R^2(c^2\lambda - KP),$$
$$(2)\qquad 3\dot{R}^2 + 3c^2 = c^2R^2(\lambda + KS),$$

où le point signifie la dérivation par rapport au temps.

Dans ces équations, R est le rayon de l'espace riemannien sphérique; P la pression de la radiation; S la densité moyenne de la masse dans l'Univers; $K = (8\pi f/c^2)$, f étant la constante gravitationnelle de Newton; λ la constante cosmologique d'Einstein et c la vitesse de la lumière dans le vide.

$$(3)\qquad M = 2\pi^2 R^3 S$$

étant la masse totale de l'Univers, la différentiation de l'équation (2), en tenant compte de l'équation (1), nous conduit à l'équation de Heckmann

$$(4)\qquad c^2\,dM + 2\pi^2 P\,d(R^3) = 0,$$

qui dans l'hypothèse $M = \text{const.}$, admet la solution $P = 0$. Il s'ensuit que R croît toujours avec le temps, d'où la conclusion de l'expansion de l'Univers, l'expansion étant illimitée. C'est la conclusion classique, mais elle s'appuie sur l'hypothèse de $M = \text{const.}$ et $P = 0$, cas idéal, représentant l'Univers comme un gaz adiabatique, dont l'énergie de radiation est constante et dont la masse reste invariable.

En admettant que la masse totale de l'Univers varie à cause de la perte de masse suivant une loi de la forme [3]

$$(5)\qquad M = M_0 + M_1 e^{-qt}$$

et que P est donnée, par conséquent, par une relation de la forme

$$(6)\qquad P = P_0(e^{rt} - 1);$$

l'équation de Heckmann admet comme solution l'intégrale

$$R^3 = \frac{M_1 c^2 q}{2\pi^2 P_0}\int \frac{e^{-qt}\,dt}{e^{rt} - 1} + C,$$

C étant une constante.

Soit $(q + r)/r = m/n$, m/n fraction irréductible, alors la transformation

$$(7)\qquad x = e^{-\frac{r}{n}t}$$

nous conduit à l'intégrale

$$R^3 = -a^2\int \frac{x^{m-1}\,dx}{1 - x^n} + C, \qquad \text{où}\quad \begin{cases} m > n, \\ m \geqq 2, \\ a^2 = \dfrac{M_1 n c^2 q}{2\pi^2 P_0 r}, \end{cases}$$

---

(3) Voir pour une hypothèse analogue et sa justification : T. Vescan, *Note sur les orbites relativistes des planètes* (*Comptes rendus*, **209**, 1939, p. 149).

dont les valeurs sont :

$$\text{(I)}\qquad R^3 = \frac{a^2}{2p}\left\{ L\frac{1-x}{1+x} - \sum_{i=1}^{p-1}\left[\cos\frac{im\pi}{p}L\left(1+2x\cos\frac{i\pi}{p}+x^2\right) - \sin\frac{im\pi}{p}\operatorname{arc\,tg}\frac{x+\cos\frac{i\pi}{p}}{\sin\frac{i\pi}{p}}\right]\right\}+C$$

pour $n=2p$ et $m=2k+1$; et

$$\text{(II)}\qquad R^3 = (-1)^m\frac{a^2}{2p+1}\left\{(-1)^m L(1-x) + \sum_{i=1}^{2p+1}\left[\cos\frac{(2i-1)m\pi}{2p+1}L\left(1+2x\cos\frac{2i-1}{2p+1}\pi+x^2\right) + 2\sin\frac{(2i-1)m\pi}{2p+1}\operatorname{arc\,tg}\frac{x+\cos\frac{2i-1}{2p+1}\pi}{\sin\frac{2i-1}{2p+1}\pi}\right]\right\}+C$$

pour $n=2p+1$.

Mais $\dot{R}$ est toujours positif, pour $0 \leqq t \leqq +\infty$, donc R croît avec le temps, mais sa limite n'est pas infinie, l'expansion étant limitée, car la valeur limite de R est précisément C, c'est-à-dire la constante de l'intégration, qui dépend des conditions initiales.

Même cette limite n'est pas atteinte, puisque l'accroissement de P peut provoquer, à un moment donné, la condensation de l'Univers.

Cette nouvelle solution favorise donc les théories d'un Univers en pulsation, tout en écartant la valeur infinie de R, qui est incompatible avec les critériums d'Olbers et de Seeliger.

La détermination des constantes M_0, M_1, q, r, P_0, C est du domaine de l'astrophysique expérimentale, qui doit vérifier ou bien infirmer ces conclusions théoriques.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Une expression nouvelle des relations entre les* 16 *grandeurs bilinéaires formées avec les matrices du type Dirac.* Note de M. **Émile Durand**.

Partant des 4 matrices de base β_p suivantes : ($p=1, 2, 3, 4$ de gauche à droite)

$$\begin{bmatrix} 1 & & & \\ & -1 & & \\ & & -1 & \\ & & & 1 \end{bmatrix}\begin{bmatrix} & 1 & & \\ 1 & & & \\ & & & -1 \\ & & -1 & \end{bmatrix}\begin{bmatrix} & & 1 & \\ & & & 1 \\ 1 & & & \\ & 1 & & \end{bmatrix}\begin{bmatrix} & -i & & \\ i & & & \\ & & & i \\ & & -i & \end{bmatrix},$$

qui sont hermitiques et satisfont les relations $\beta_p\beta_q + \beta_q\beta_p = 2\,\delta_{pq}\beta_0$, ($\beta_0$ est la matrice unité à quatre rangs), on peut former par multiplication les 16 matrices β_0, β_p, β_{pq}, β_{pqr}, β_{pqrs}.

Nous allons montrer qu'il y a intérêt, au moins pour la question qui nous intéresse, à désigner ces 16 matrices par la lettre b_{pq} à deux indices, la correspondance avec les notations précédentes étant définie par les tableaux ci-après :

$$\begin{bmatrix} \beta_1 & i\beta_{14} & i\beta_{234} & \beta_{23} \\ \beta_2 & i\beta_{24} & i\beta_{314} & \beta_{31} \\ \beta_3 & i\beta_{34} & i\beta_{124} & \beta_{12} \\ -\beta_{123} & -i\beta_{1234} & i\beta_4 & \beta_0 \end{bmatrix} \rightarrow \begin{bmatrix} b_{11} & b_{12} & b_{13} & b_{14} \\ b_{21} & b_{22} & b_{23} & b_{24} \\ b_{31} & b_{32} & b_{33} & b_{34} \\ b_{41} & b_{42} & b_{43} & b_{44} \end{bmatrix}.$$

Toutes les matrices b_{pq} sont réelles; celles qui contiennent une fois l'indice 4 sont antihermitiques, les autres sont hermitiques; dans la quatrième ligne (ou colonne) la dernière matrice est égale au produit des trois premières; elle est égale au produit des trois premières changé de signe pour les trois premières lignes (ou colonnes).

La notation b_{pq} peut être justifiée. Si l'on considère en effet les 4 matrices ε_p ci-après ($p = 1, 2, 3, 4$ de gauche à droite)

$$\begin{bmatrix} & & & -1 \\ & & 1 & \\ & -1 & & \\ -1 & & & \end{bmatrix} \begin{bmatrix} & & -1 & \\ & & & -1 \\ 1 & & & \\ & -1 & & \end{bmatrix} \begin{bmatrix} & 1 & & \\ -1 & & & \\ & & & -1 \\ & & -1 & \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & & & \\ & 1 & & \\ & & 1 & \\ & & & -1 \end{bmatrix},$$

on vérifie sans peine que $\varepsilon_p\varepsilon_q = b_{pq}$. Si ε_p^+ désigne les matrices adjointes (d'ailleurs égales ici aux matrices transposées), on a les relations

$$\varepsilon_p^+\varepsilon_q + \varepsilon_q^+\varepsilon_p = \varepsilon_p\varepsilon_q^+ + \varepsilon_q\varepsilon_p^+ = 2\,\varepsilon_0\delta_{pq}.$$

Avec les 16 matrices b_{pq} on peut former les grandeurs bilinéaires bien connues $[\psi_k^* b_{pq}\psi_k]$ que, pour abréger, nous désignerons par $[b_{pq}]$. Ces crochets obéissent à des relations très remarquables qui ont été étudiées par de nombreux auteurs et par nous-même ([1]). Avec les notations $\beta_{pq\ldots}$, ces relations prennent une forme tensorielle d'Univers ([2]), et nous avons montré qu'elles se déduisaient toutes de quatre d'entre elles. Avec les notations b_{pq} l'écriture de toutes ces identités est considérablement simplifiée; on peut toutes les représenter par les 3 équations

$$(1)\qquad \sum_{r=1}^{r=4} [b_{pr}][b_{qr}] = \sqrt{|\Delta|}\,\delta_{pq},$$

$$(2)\qquad \sum_{r=1}^{r=4} [b_{rp}][b_{rq}] = \sqrt{|\Delta|}\,\delta_{pq},$$

$$(3)\qquad \{[b_{pi}][b_{qj}] - [b_{pj}][b_{qi}]\} = \pm\{[b_{rk}][b_{sl}] - [b_{rl}][b_{sk}]\}.$$

([1]) *Comptes rendus*, **220**, 1945, pp. 517-520.

([2]) En fait, en théorie de Dirac la variance ne correspond pas aux indices des $\beta_{pq\ldots}$.

Il faut prendre le signe (+) ou (—) suivant que $pqrs$ et $ijkl$ sont des permutations de même parité ou de parités différentes par rapport à 1, 2, 3, 4; Δ désigne le déterminant des $[b_{pq}]$. Les équations (1), (2) et (3) représentent respectivement 10, 10 et 18 équations ordinaires.

Nous ne reviendrons pas sur la manière d'établir ces relations que nous avons donnée ailleurs; nous allons seulement justifier l'apparition du coefficient $\sqrt{|\Delta|}$. Pour cela, il faut d'abord écrire les relations à 8 termes carrés de manière qu'il y ait quatre de ces derniers de chaque côté du signe égal; pour les identités à 6 termes carrés on ajoute un même terme de part et d'autre du signe égal pour retrouver la forme précédente; on voit alors que toutes ces sommes de quatre termes carrés ont une valeur commune; ce sont précisément les sommes des carrés des termes des lignes ou des colonnes du tableau des $[b_{pq}]$. Les autres relations indiquent que les produits terme à terme, de deux lignes ou de deux colonnes sont nuls. Il en résulte qu'en élevant le déterminant des $[b_{pq}]$ au carré, on obtient un déterminant diagonal dont chaque élément est égal à la valeur commune précédente; cette dernière est donc égale à $\sqrt{|\Delta|}$.

Les 3 équations précédentes ne sont pas indépendantes et l'on peut aisément déduire deux d'entre elles de la troisième; on peut encore simplifier et donner une équation unique très simple qui entraîne automatiquement les 3 équations précédentes. Cette équation est la suivante

$$(4) \qquad \sqrt{|\Delta|}\,[b_{pq}] = \mathrm{B}_{pq},$$

B_{pq} désignant le mineur de $[b_{pq}]$ dans le déterminant. On a, en effet, pour un tableau carré à quatre rangs avec des éléments $[b_{pq}]$ absolument quelconques les identités suivantes :

$$(5) \qquad \sum_{r=1}^{r=4} [b_{pr}]\,\mathrm{B}_{vr} \equiv \Delta\,\delta_{pq},$$

$$(6) \qquad \sum_{r=1}^{r=4} [b_{rp}]\,\mathrm{B}_{rq} \equiv \Delta\,\delta_{pq},$$

$$(7) \qquad \frac{[b_{pi}]\,\mathrm{B}_{qj} - [b_{pj}]\,\mathrm{B}_{qi}}{[b_{rk}]\,\mathrm{B}_{sl} - [b_{rl}]\,\mathrm{B}_{sk}} \equiv \frac{[b_{qi}]\,\mathrm{B}_{rj} - [b_{qj}]\,\mathrm{B}_{ri}}{[b_{pk}]\,\mathrm{B}_{sl} - [b_{pl}]\,\mathrm{B}_{sk}} \equiv \ldots \equiv \pm\sqrt{\frac{\Sigma_p [b_{pi}]\,[b_{pi}]\,\Sigma_p \mathrm{B}_{pj}\mathrm{B}_{pj}}{\Sigma_r [b_{rk}]\,[b_{rk}]\,\Sigma_r \mathrm{B}_{rl}\mathrm{B}_{rl}}}.$$

Dans ces conditions, on voit sans peine que la relation (4) entraîne les relations (1), (2) et (3).

Signalons enfin la très remarquable expression de $\sqrt{|\Delta|}$

$$4\sqrt{|\Delta|} = \{[\psi_{\mathrm{K}}\psi_{\mathrm{K}}] + [\psi^{\star}_{\mathrm{K}}\psi^{\star}_{\mathrm{K}}]\}^2 - \{[\psi_{\mathrm{K}}\psi_{\mathrm{K}}] - [\psi^{\star}_{\mathrm{K}}\psi^{\star}]\}^2.$$

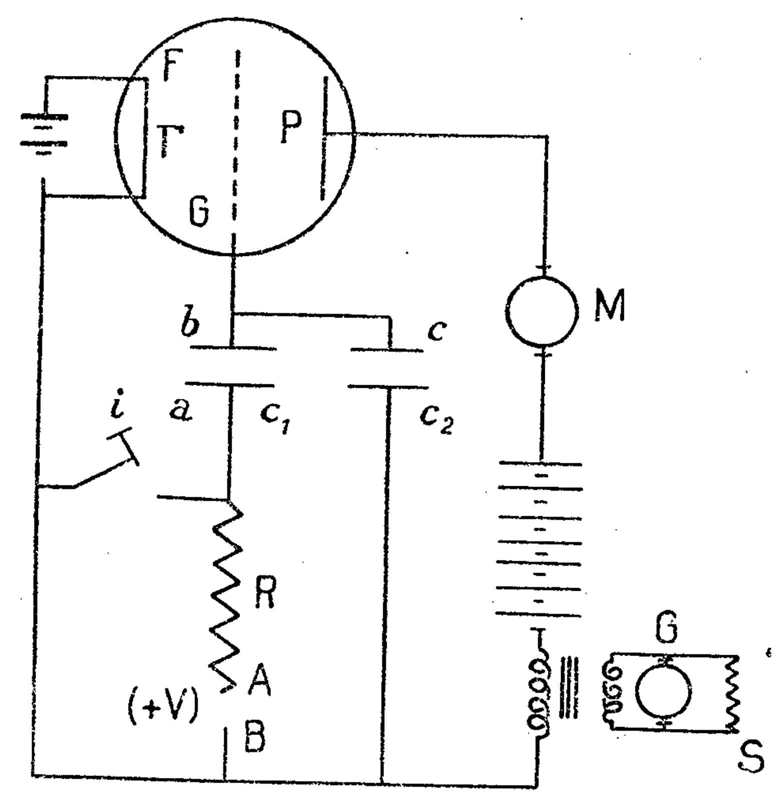
Pour que $\Delta = 1$, il suffit d'avoir

$$[\psi_{\mathrm{K}}\psi_{\mathrm{K}}] = [\psi^{\star}_{\mathrm{K}}\psi^{\star}_{\mathrm{K}}] = 1 \qquad \text{soit} \qquad \mathrm{M}^p_p - \mathrm{L}^p_p = 1 \qquad \text{et} \qquad \mathrm{M}_p\mathrm{L}^p = 0.$$

M_p et L_p désignant respectivement les parties réelles et imaginaires de $\psi_p (p = 1, 2, 3, 4)$.

ÉLECTRICITÉ. — *Utilisation d'une lampe à trois électrodes ordinaire comme électromètre balistique.* Note [1] de M. **Robert Guizonnier**, présentée par M. Aimé Cotton.

Principe de l'appareil. — On porte, par influence électrostatique, la grille isolée d'une lampe à trois électrodes ordinaire (type A 409), à un potentiel négatif fonction de la charge Q, ou du potentiel V, ou de la capacité C_1 que l'on désire mesurer. La diminution du courant de plaque est mesurée par l'écart α de l'aiguille du milliampèremètre M du circuit de plaque, ou par la déviation δ du spot d'un galvanomètre G [2] constituant le circuit du secondaire d'un transformateur basse fréquence, dont le primaire est en série dans le circuit plaque (voir figure).



La grille est portée au potentiel négatif par l'intermédiaire d'un condensateur C_1, ce qui évite d'approcher de la grille un conducteur chargé qui en modifierait la capacité. L'isolement est suffisant si l'on enferme la lampe dans une boîte métallique hermétiquement close, contenant du sodium : il suffit que la charge déposée sur la grille reste seulement pendant un temps suffisant pour que α ou δ prennent leur valeur : c'est l'avantage d'une méthode balistique. Si l'on fait décharger le condensateur C_1, non seulement sur la grille mais aussi sur une forte capacité C_2, la perturbation due aux ions positifs qui proviennent du choc des électrons sur les molécules du gaz résiduel devient négligeable [3].

(1) Séance du 21 juillet 1947.

(2) Ce galvanomètre joue le rôle de voltmètre; la résistance mise en shunt amortit les oscillations.

(3) La lampe électromètre ordinaire évite la production des ions positifs si l'on n'utilise que des potentiels de plaque inférieurs à 10 volts, mais alors la pente de la caractéristique de plaque devient faible.

Réalisation et utilisation du Montage. — *La charge ou le potentiel à mesurer sont positifs.* — La charge Q à mesurer est reçue par l'armature *a* de C_1. S'il s'agit d'évaluer le potentiel positif d'un point A par rapport au sol, l'armature *a* est réunie à ce point. Dans le cas où A, B constituent les pôles d'une source de courant continu, la forte résistance R évitera que cette source soit mise en court-circuit, quand on mettra au sol l'armature.

Cette armature prend donc une charge $+Q$; par influence $(-Q)$ se développe sur l'armature *b*, et des charges positives sur la grille G et l'armature *c* de C_2, mais les électrons détruisent immédiatement ces charges positives. Appelons Γ la capacité de la grille en présence du filament et de la plaque, dans les conditions de l'expérience. Quand on appuie sur l'interrupteur I, mettant ainsi l'armature *a* au sol, $(-Q)$ est libérée et se répartit entre C_1, C_2, Γ; la grille prend un potentiel V_2 tel que, en valeur absolue,

$$Q = C_1 V = (C_1 + C_2 + \Gamma) V_2. \quad (1)$$

Le potentiel de plaque étant le potentiel habituel de 40 à 80 volts, il y a ionisation des molécules résiduelles; des ions positifs sont donc attirés par la grille, mais ils se répartissent entre C_1, C_2, Γ, et si C_2 est grand, ils ne modifient pratiquement pas le potentiel V_2. Autrement dit, les ions positifs attirés constituent une charge négligeable devant $(-Q)$, à moins que $(-Q)$ ne soit vraiment trop faible, ce qu'on évite, si l'on mesure V en prenant la capacité C_1 grande, si l'on mesure C_1 en utilisant un potentiel V relativement élevé. Alors l'écart α du milliampèremètre ou la déviation δ du spot du galvanomètre seront proportionnels à V_2

$$\delta = KV_2 = K \frac{C_1 V}{C_1 + C_2 + \Gamma}. \quad (2)$$

Si C_2 est suffisamment grand, l'expérience donne bien une variation rectiligne de δ en fonction de V.

Les graphiques de variation de δ, en fonction de V, ou de C_1, ou de $Q = C_1 V$, permettent d'utiliser l'appareil en mesureur de potentiels, de capacités, ou de charges. Si la charge Q est trop faible, les graphiques ne sont plus des droites, car la perturbation des ions positifs n'est plus négligeable, mais la mesure est toujours possible.

La charge et le potentiel sont négatifs. — L'interrupteur I est placé entre A et *a*; le potentiel V_2 de grille s'établit, dès qu'on appuie sur l'interrupteur. On montre aisément que la relation (1) est encore valable.

Fidélité et possibilités de l'appareil. — Si la lampe est utilisée dans des conditions identiques, les capacités C_1 et C_2 étant dans une atmosphère sèche, la charge Q n'étant pas trop faible, la seule erreur est celle de la lecture de α ou de δ. Si l'effet des ions positifs n'est pas négligeable (Q trop faible), il faut tenir compte d'une influence de la température de l'ampoule sur les indications de l'appareil (cette influence sera étudiée plus tard).

Nous avons pu mesurer aisément des capacités de l'ordre d'une dizaine de centimètres avec une erreur relative de 1/100. Dans le cas de la lampe utilisée, une charge de 10^{-11} coulomb semble une limite inférieure, l'erreur relative est alors de l'ordre du 1/10.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur les propriétés diélectriques de l'eau ordinaire, de l'eau lourde et des solutions ioniques pour les hautes fréquences (hertziennes).* Note [1] de MM. **David Mark Ritson, John Barrett Hasted** et **Carl Howard Collie**, présentée par M. J. Cabannes.

Nous avons mesuré pour les longueurs d'onde $\lambda = 10^{cm}$, 3^{cm}, $1^{cm},25$, les parties réelle ε' et imaginaire ε'' de la constante diélectrique de l'eau entre 0° et 75°, et de l'eau lourde entre 5° et 40°C., avec une erreur inférieure à 2 %. Les résultats des diverses méthodes utilisées concordent, et les équations de Debye,

$$n^2 - \chi^2 = \varepsilon' = \varepsilon_\infty + \frac{(\varepsilon_s - \varepsilon_\infty)}{1 + \omega^2\tau^2} + \varepsilon_\infty = \frac{(\varepsilon_s - \varepsilon_\infty)}{\left[1 + \left(\frac{\lambda_s}{\lambda}\right)^2\right]} + \varepsilon_\infty, \tag{1}$$

$$2n\chi = \varepsilon'' = \frac{(\varepsilon_s - \varepsilon_\infty)\omega\tau}{(1 + \omega^2\tau^2)} = \frac{(\varepsilon_s - \varepsilon_\infty)\left(\frac{\lambda_s}{\lambda}\right)}{\left[1 + \left(\frac{\lambda_s}{\lambda}\right)^2\right]}; \qquad \lambda_s = 2\pi c\tau, \tag{2}$$

où ε_s et ε_∞ sont les constantes diélectriques à basse et haute fréquence, conduisant pour n et χ à des valeurs qui coïncident à 1 % près avec les constantes optiques. Nous avons trouvé $\varepsilon_\infty = 5,5 \pm 1$, d'accord avec les mesures infrarouges. Il y a un temps de relaxation unique τ, c'est-à-dire une seule longueur d'onde critique (λ_s) qui décroît lorsque s'élève la température, et qui dépend de la viscosité η, en accord avec la théorie, c'est-à-dire selon l'équation

$$\tau^x = \frac{8\pi\eta a^3}{2kT}, \tag{3}$$

où a est le rayon d'une molécule, et où x est trouvé expérimentalement égal à 1,04 (valeur théorique 1); à 20°, $\lambda_s = 1^{cm},80$. La valeur expérimentale de τ diffère de la valeur théorique de Debye par un facteur $(\varepsilon_s + 2)/(\varepsilon_0 + 2)$, qui provient chez Debye de l'hypothèse d'un champ interne de Lorentz. En nous servant de la théorie d'Onsager, nous avons obtenu une équation analogue à (1), pour laquelle les valeurs de τ satisfont à l'équation (3). Les rapports des longueurs d'onde de relaxation de l'eau et de l'eau lourde sont d'accord avec les rapports des viscosités et les données d'auto-diffusion, ce qui souligne

---

[1] Séance du 21 juillet 1947.

l'analogie entre les processus de réorientation et ceux de l'écoulement visqueux.

Des mesures analogues ont été faites sur diverses solutions d'électrolytes à diverses molarités et températures. Le temps de relaxation et la constante diélectrique statique diminuent linéairement lorsque la concentration c croît jusqu'à 2 M. En posant pour cette constante diélectrique et pour la longueur d'onde critique : $\varepsilon = (\varepsilon)H^2O + 2\delta c$; $\bar{\delta} = (\nu^+\delta^+ + \nu^-\delta^-)/2$; $\lambda_s = (\lambda_s)H^2O + 2\overline{\delta\lambda}_s c$; $\delta\lambda_s = [\nu^+(\delta\lambda_s^+) + \nu^-(\delta\lambda_s^-)]/2$. On obtient pour divers ions, des valeurs des coefficients de dépression molaire partielle : δ^+ compris entre -7 et -35, ± 1; δ^- compris entre -3 et -13, ± 1; $\lambda\delta_s^+$ compris entre $+4$ et -13, ± 2; $\delta\lambda_s^-$ compris entre -4 et -15, ± 2, en supposant que $(\delta^+)_{Na} = -8$, $(\delta^-)_{Cl} = -3$, $(\delta\lambda_s^+)_{K+} = -4$ et $(\delta\lambda_s^-)_{F-} = -4$. Les valeurs de δ sont plus élevées à haute température, et celles de $\delta\lambda_s$ plus élevées à basse température.

La correction de conductivité n'est que de 3 % pour 10^{cm}, et de 10 % pour 3^{cm}. L'accroissement de conductivité prévu par la théorie de Debye et Falkenhagen devrait être de 5 % à 10^{cm} et de 20 % à 3^{cm}; la théorie est donc en désaccord avec les expériences à ces fortes concentrations.

La théorie des constantes diélectriques de Debye et Sack donne des valeurs de δ^- cent fois plus élevées que l'expérience : ceci est dû au choix de la valeur ancienne de Debye ($\mu = 1,33$ D) pour le moment dipolaire de l'eau. Nous avons montré sur des modèles plus récents que la saturation de dipôles H_2O par un ion se traduit par une chute brusque de la constante diélectrique à l'intérieur d'une sphère de 4 Å autour de l'ion, avec l'effet moindre en dehors. En supposant que la saturation est complète pour des ions positifs à cette distance, qui correspond à peu près à la première couche d'hydratation, nous avons calculé des valeurs d'un ordre de grandeur correct.

Comme la liaison de molécules H_2O et des ions négatifs permet aux dipôles H_2O de s'orienter, la saturation y est incomplète et l'effet plus petit.

Les dépressions molaires partielles δ^+ de la constante diélectrique par les cations dépendent de la charge ionique et sont grands pour les ions de faible rayon. Elles mesurent l'ordre à petite distance des molécules d'eau autour d'un ion. La dépression de relaxation s'accorde approximativement avec les idées actuelles sur l'effet de rupture de la structure de l'eau, tel qu'il est indiqué par les spectres Raman et infrarouge.

Les valeurs de δ^- sont de l'ordre de celles que prévoit Hückel dans sa théorie des solutions concentrées, où il cherche à expliquer la présence du terme linéaire anormal Bc dans l'expression du coefficient d'activité f en fonction de la concentration.

Nous avons estimé, pour NaCl, les contributions (semi-qualitatives) à B qui suivent : 1° *l'effet de covolume*, dû au volume fini occupé par les ions dans la solution $B_1 = +0,16$; 2° l'association ionique du type proposé par Bjerrum $B_2 = -0,10$; 3° l'effet de destruction de la structure par les

ions, $B_3 = -0{,}07$; 4° la contribution prévue par Hückel, $B_4 = +0{,}05$.

$$\sum_{i=l}^{i=4} B_i = B = +0{,}04. \qquad (4)$$

Des exposés plus détaillés paraîtront ailleurs.

SPECTROSCOPIE. — *Phosphorescence de l'oxygène dans une atmosphère d'hélium.* Note [1] de Mme **Renée Herman**, présentée par Jean Cabannes.

Dans une courte Note publiée dans *Nature*, J. Kaplan a reproduit un spectre de phosphorescence de l'oxygène constitué par les bandes infrarouges (0,0) et (0,1) du système $A\,^1\Sigma - X\,^3\Sigma$ de O_2 [2]. Il attribue cette phosphorescence à l'oxygène *actif* par analogie avec l'azote *actif*. Dans ce dernier cas, l'émission se compose essentiellement du premier système positif $B\,^3\Pi - A\,^3\Sigma$, avec une répartition d'intensité très particulière. En réalité, la composition spectrale et la durée de la phosphorescence dépendent des conditions d'excitation [3]. En particulier, lorsque la pression partielle de l'azote est assez faible, les bandes négatives $B\,^2\Sigma - X\,^2\Sigma$ ont une grande intensité relative et le spectre obtenu rappelle celui des aurores de haute altitude.

Contrairement à l'azote, l'oxygène pur ne présente aucune phosphorescence. Les atomes et les molécules de cet élément étant fortement électronégatifs fixent rapidement les électrons libres. Par dilution dans un gaz rare, cet effet disparaît en grande partie et l'on observe alors une émission de recombinaison ionique d'une durée de quelques millièmes de seconde.

Le tube à décharge utilisé pour mettre en évidence cette recombinaison possède deux électrodes auxiliaires de magnésium et une tubulure latérale contenant du permanganate de potassium. Il est rempli d'hélium sous une pression inférieure au millimètre de mercure. On fait passer une forte décharge entre les électrodes de magnésium afin de parfaire la purification du gaz rare. Les traces d'oxygène qui subsistent alors sont souvent suffisantes pour observer sa phosphorescence. Si l'on augmente la pression partielle de l'oxygène, la durée de la phosphorescence décroît et disparaît finalement (spectre *a*).

Les résultats obtenus sont les suivants :

I. *Spectre de l'hélium.* — La comparaison des spectres de phosphorescence (*d*) et de décharge (*e*) montre une inversion du rapport des intensités dans certains couples de raies tels que : 4120,9-4143,8 ; 4387,9-5015,7 ; 4009,3-5047,7 ; 4009,3-4713-2, etc. Cette inversion résulte d'une exaltation, en phosphorescence :

---

(1) Séance du 7 juillet 1947.

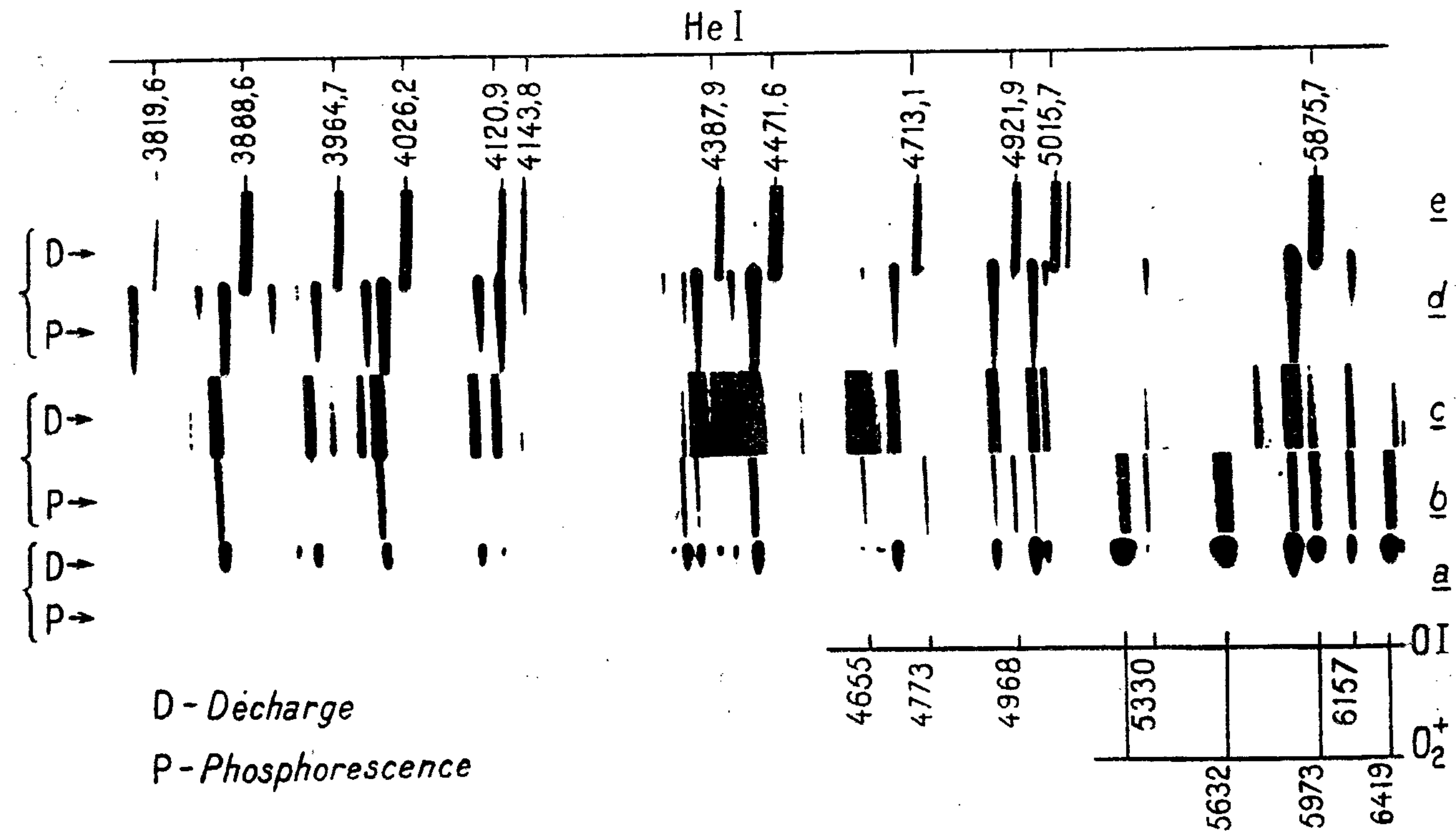
(2) *Nature*, **159**, 1947, p. 673.

(3) R. Herman, *Comptes rendus*, **220**, 1945, p. 878.

1° de l'ensemble du spectre du parhélium par rapport à celui de l'orthohélium;

2° de la série diffuse par rapport aux séries principale et étroite pour le parhélium;

3° des raies à niveau supérieur élevé à l'intérieur de chaque série ([4]).



II. *Spectre de l'oxygène.* — Lorsque la pression partielle de l'oxygène est très faible, celui-ci est entièrement dissocié, et l'on observe uniquement le spectre de OI. Les rapports d'intensité des raies suggèrent également ici une recombinaison entre les ions O^+ et les électrons. Les raies OI à niveau supérieur élevé ont une intensité relative notablement plus grande 10^{-3} seconde après la rupture de la décharge (*b*) que pendant la décharge (*c*). C'est le cas des raies 5330, 4968 et 4773 Å, par exemple, qui appartiennent à la même série. L'intensité des raies de OI décroît plus lentement avec le temps que celle des raies HeI en raison de la valeur plus faible du potentiel d'ionisation de l'oxygène. L'intensité de l'ensemble du spectre de OI en phosphorescence est plus grande que celle de HeI (*b*).

Lorsque la pression partielle de l'oxygène augmente, les bandes négatives $^4\Sigma - {}^4\Pi$ de O_2^+ apparaissent, comme dans le cas de N_2. L'absence du spectre moléculaire pendant la décharge indique une dissociation complète dès le début du phénomène. Les molécules O_2^+ excitées se formeraient par chocs entre atomes neutres et ionisés. Ce processus plus lent serait en accord avec le fait que l'intensité relative du spectre moléculaire augmente pendant la phos-

([4]) Dans certaines novæ, on a trouvé des rapports d'intensité semblables à ceux observés ici en phosphorescence. Malheureusement, la dispersion utilisée en général dans l'étude des novæ ne permet pas de séparer suffisamment les raies de l'hélium.

phorescence. L'émission par recombinaison des ions O_2^{++} et des électrons est probablement négligeable, le second potentiel d'ionisation de O_2 étant bien plus grand que les potentiels d'ionisation de He et de O, ce qui entraînerait une recombinaison plus rapide pour O_2^{++}, contrairement au résultat expérimental.

SPECTROSCOPIE. — *Dosage d'éléments chimiques au moyen des spectres d'étincelle avec emploi de papier comme support de la substance à analyser.* Note [1] de M. **Alain Berton**, présentée par M. Paul Lebeau.

L'analyse spectrographique de la lumière émise par une étincelle électrique jaillissant entre deux électrodes de graphite, préalablement imprégnées d'une solution minérale et séchées, montre que l'intensité des raies élémentaires d'émission varie d'une manière irrégulière en fonction des quantités d'éléments présents dans la solution. On ne peut donc faire, directement, par cette méthode, d'analyses quantitatives correctes.

Ces irrégularités d'émission peuvent s'expliquer par une imprégnation non homogène des électrodes dans l'intimité de leur masse. Il est à noter, en effet, que les impuretés inhérentes au graphite, tant qu'elles sont diffusées d'une manière homogène, donnent lieu à des spectres reproductibles pour des conditions opératoires identiques. Il en est de même, à fortiori, pour des électrodes en graphite pur.

Pour obvier, dans le cas des électrodes imprégnées, aux différences de répartition de la liqueur, nous avons songé à faire jaillir l'étincelle dans un courant régulier de la solution se trouvant soit sous la forme liquide soit sous la forme d'un aérosol. Nous avons préféré, pour des raisons de simplicité et de commodité, imbiber d'une manière homogène une bande de papier et la faire passer à vitesse constante entre les électrodes. Le papier se trouve carbonisé localement sous l'influence de l'étincelle et la substance qui l'imprégnait volatilisée. Les spectres-étalons, utilisés en analyse quantitative et obtenus par cette méthode, varient régulièrement avec la concentration et sont reproductibles pour les mêmes conditions opératoires.

L'appareillage comporte essentiellement une sorte de petit tambour horizontal autour duquel se trouve enroulée la bande de papier. Celle-ci, qui dépasse de 1^{cm} la hauteur du tambour, se trouve engagée entre les électrodes verticales, à $0^{mm},5$ de l'électrode inférieure et à $4^{mm},5$ de la supérieure. Le tambour est entraîné à une vitesse constante de 1^{cm} par seconde au moyen d'un moteur électrique synchrone et de démultiplicateurs.

Les bandes de papier, ayant par exemple comme dimensions $1,5 \times 10^{cm}$, ont été découpées, pour une analyse, dans la même feuille de papier filtre « sans

(1) Séance du 28 juillet 1947.

cendres ». Elles sont imbibées d'une manière uniforme avec la même quantité de liquide $0^{cm^3},15$, et mises à sécher à l'étuve à 110°. Il est à remarquer que l'on peut, en colorant la liqueur à analyser avec un colorant organique, sans éléments minéraux gênants, suivre la répartition de la solution à la surface du papier et teindre ainsi ce dernier d'une manière homogène.

Les électrodes, de graphite pur, ont comme dimensions : $5 \times 5 \times 30^{mm}$ et peuvent, à l'aide d'un support à crémaillère de précision, prendre des positions identiques. Les mêmes électrodes servent d'ailleurs pour une série d'analyses, leurs extrémités étant limées, après chaque essai, avec une lime en acier propre. Il suffit en effet d'enlever $0^{mm},2$ d'épaisseur de graphite, pour nettoyer ces dernières.

Cette technique du papier imprégné de la substance à analyser et à travers duquel jaillit l'étincelle électrique condensée (5000 volts; longueur d'étincelle : 5^{mm}) nous a permis de mettre au point des dosages quantitatifs d'éléments chimiques dans des solutions minérales ou biologiques. Ces dosages seront décrits ultérieurement. La technique peut, en outre, être utilisée pour différencier rapidement des papiers entre eux suivant la présence ou l'absence de tels éléments chimiques.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Sur la désintégration β. Phénomène de création e.* Note (¹) de MM. **Raymond Daudel**, **Maurice Jean** et **Marcel Lecoin**.

L'attention a été récemment attirée (²) sur la possibilité d'existence d'une variété particulière de désintégration β, ne s'accompagnant pas d'émission β parce que l'électron formé resterait dans le cortège périphérique du noyau qui le crée. Ce phénomène devrait évidemment être suivi des mêmes filiations radioactives que l'émission β. Nous voudrions ici compléter la description qui a été donnée de ce phénomène.

Phénomènes secondaires accompagnant l'effet principal. — L'effet principal que nous appellerons *création e* (³) entraîne l'augmentation d'une unité du numéro atomique du noyau. Les niveaux électroniques deviennent donc un peu plus profonds et cette perturbation doit s'accompagner d'émission de photons doués de faibles fréquences.

La création *e* peut de plus intéresser une case vide n'appartenant pas au plus bas niveau d'énergie de l'atome. Le retour de cet atome vers un état de plus faible énergie s'accompagnera alors d'émission de photons généralement plus durs.

(¹) Séance du 7 juillet 1947.

(²) R. Daudel, P. Benoist, P. Jacques et M. Jean, *Comptes rendus*, 224, 1947, pp. 1427-1429.

(³) Par opposition à la capture d'électrons ou capture *e*.

En résumé, la création e doit s'accompagner (en plus du recul du noyau déjà signalé) d'une émission d'un certain nombre de photons dont les longueurs d'ondes peuvent s'échelonner depuis le spectre visible jusqu'au domaine des rayons X.

Mise en évidence du phénomène. — On pourrait espérer mettre en évidence ce phénomène à l'aide des études suivantes :

1° Lorsqu'à la création e ne se superpose pas d'émission β :

a. par observation directe du recul;

b. par observation d'un effet Szilard dû au recul;

c. par observation des photons électroniques;

d. par observation des désintégrations soit grâce à des filiations β, γ, α ou autres, soit en recueillant en quantité pondérable les noyaux formés.

2° Lorsque la création e coexiste avec l'émission β :

a. par décompte des désintégrations et des électrons émis;

b. par observation d'une variation de la période d'émission β en fonction de la structure du cortège électronique entourant le noyau (4).

Importance du phénomène. — Lorsque la transition $Z, Z+1$ correspond à une différence énergétique supérieure ou égale à 500000 eV, il y a nécessairement émission β en même temps que création e.

Le rapport de la probabilité de création à celle d'émission dans le cas d'une même transition, croît avec Z et décroît avec l'énergie de transition.

Il devient infiniment grand quand cette énergie tend vers 500000 eV.

Pratiquement dans le cas du tritium atomique, la probabilité de création e est seulement de l'ordre du millième de la probabilité d'émission β.

Pour $Z = 90$ et pour une énergie de transition analogue, *la probabilité de création* K *serait plus de* 1000 *fois plus grande que celle d'émission* β.

C'est un point qui devrait entrer en ligne de compte dans l'étude des étoiles.

Le phénomène de création e peut même se réaliser sans que l'émission β soit possible si l'énergie de la transition est inférieure à 500000 eV. Le niveau K des éléments lourds atteint 100000 eV et la création K est donc possible pour une énergie de transition s'abaissant jusqu'à environ 400000 eV. Remarquons qu'alors la création L est impossible. *Il peut donc exister des noyaux stables au sein de leur cortège électronique qui seraient radioactifs s'ils n'avaient pas de cortège ou simplement si un de leurs électrons* K *leur manquait.* Ce fait montre à quel point les propriétés des noyaux doivent être liées à la structure du nuage d'électrons qui les enveloppe.

Le phénomène de création e peut enfin devenir important s'il se produit entre un niveau nucléaire fondamental et un niveau excité représentant une

(4) Il ne faut pas oublier en effet que tandis que l'émission β pure est peu sensible à la structure du cortège électronique qui entoure le noyau, la création e tout comme la capture e et la conversion interne doit y être très sensible.

transition voisine de 500000 eV dans le cas où la transition « fondamental → fondamental » est interdite. Il y a alors augmentation du rapport entre la probabilité de création *e* suivie de l'émission de photon nucléaire et la probabilité d'émission β.

Remarque. — Dans l'étude théorique faite jusqu'à présent, la création *e* a été envisagée comme un phénomène du premier ordre. Il est bien évident qu'il y aura lieu d'étudier aussi le phénomène du second ordre correspondant (5).

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Répartition spatiale des neutrons lents produits dans l'eau par une source* Ra-α-Be *de neutrons rapides.* Note (1) de MM. **André Berthelot**, **René Ballini** et **Léo Vermaesen** présentée par M. Frédéric Joliot.

Nous avons été amenés à reprendre la détermination de la courbe de répartition spatiale dans l'eau des neutrons provenant du ralentissement des neutrons d'une source Ra-α-Be en utilisant l'activation du manganèse. Cet élément permet, en effet, de réaliser des détecteurs *minces* satisfaisant à la loi en $1/v$ dans un domaine assez grand pour que la contribution de l'activation par résonance soit négligeable.

Détecteurs. — Nous avons utilisé des plaques de $2,5 \times 3^{cm}$ d'un alliage de 10 % de nickel et 90 % de manganèse, d'épaisseur un peu supérieure à $0^{mm},1$. Afin de gagner du temps, nous avons utilisé sept détecteurs dont l'irradiation se faisait simultanément à des distances différentes de la source, chacun étant assez éloigné de tous les autres pour éviter toute perturbation mutuelle. Ces détecteurs, choisis aussi identiques que possible, ont été étalonnés par rapport à l'un d'entre eux en comparant les activités acquises dans des conditions d'irradiation identiques, à $r = 10^{cm}$ et $r = 14^{cm},9$.

Les coefficients de correction varient de 0,95 à 1,04.

Source de neutrons et milieu environnant. — La source est un mélange de béryllium et de 1^{g} de radium, contenu dans un cylindre d'aluminium dont les dimensions extérieures sont de 4^{cm} pour la hauteur et 1^{cm} pour le rayon. Les centres de la source et des détecteurs sont situés dans le plan horizontal moyen d'une cuve de béton paraffiné, de hauteur et de diamètre égaux à $1^{m},5$, pleine d'eau distillée. Le plan de chaque détecteur est perpendiculaire à la droite qui joint son centre à celui de la source. L'axe de la source est vertical.

Mesure de l'activité. — Le détecteur est placé entre deux compteurs horizontaux superposés, de façon à atténuer l'effet de petits déplacements

(5) C'est-à-dire, par exemple, le saut d'un électron K sur une orbite L suivi d'une création K, le principe de conservation de l'énergie n'étant applicable qu'à l'ensemble de ces deux effets supposés s'effectuer simultanément et spontanément.

(1) Séance du 16 juillet 1947.

verticaux. A partir du nombre de coups comptés, on calcule dans tous les cas le nombre de coups qui seraient comptés pendant la première minute suivant une irradiation à saturation.

Résultats. — La figure 1 représente, à la manière classique, la variation

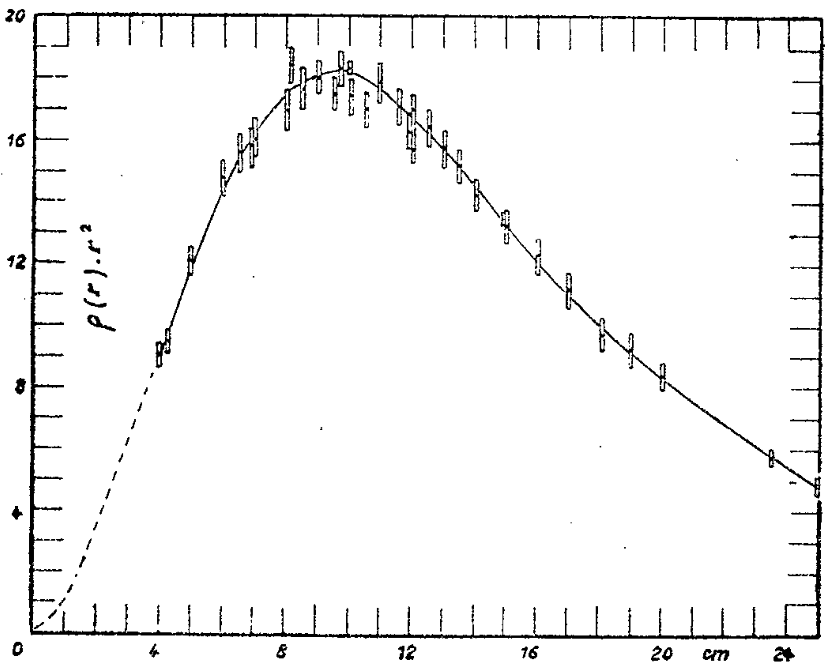


Fig. 1.

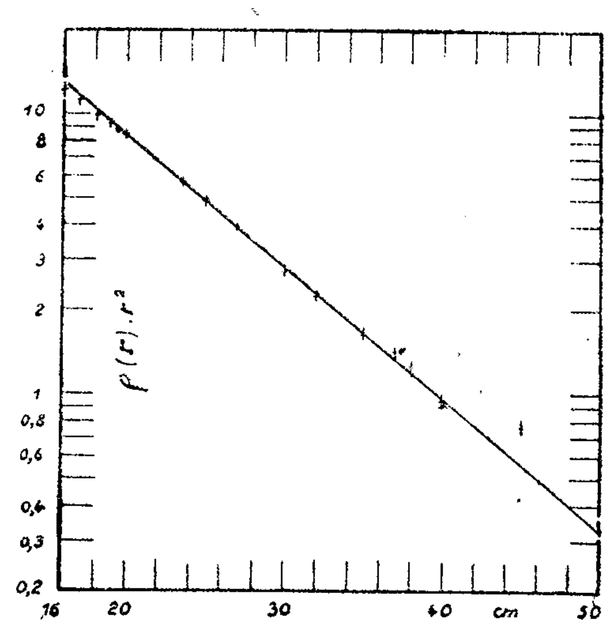


Fig. 2.

avec r du produit $\rho(r)\,r^2$ exprimé en unités arbitraires. Les points expérimentaux sont reportés avec leurs imprécisions. Le tracé a été arrêté à 25^{cm}, bien que les mesures aient été faites jusqu'à 60^{cm}; en effet, comme le montre la figure 2, la fonction $\rho(r)r^2$ peut être représentée, à partir de $r \# 20^{cm}$, par une exponentielle

$$\text{(I)} \qquad \rho(r)\,r^2 \simeq e^{-\frac{r}{a}}$$

avec $a = 9{,}3 \pm 0^{cm},1$.

D'autre part, il peut être intéressant de remarquer que la courbe 3, tracée sur papier semi-logarithmique, et donnant $\rho(r)$ en fonction de r, présente une partie à peu près rectiligne entre 10 et 18^{cm}. Dans cette zone, on a la relation

$$\rho(r) \simeq e^{-\frac{r}{b}} \quad \text{avec} \quad b = 4{,}55 \pm 0^{cm},05.$$

Le tracé de la courbe 3, à partir des points expérimentaux étant plus facile à réaliser que celui de la courbe 1, nous nous sommes aidés, pour tracer cette dernière, des valeurs de $\rho(r)$ lues sur la courbe 3.

L'aire de la courbe 1, extrapolée à l'origine suivant le pointillé, a été déterminée graphiquement jusqu'à $r = 20^{cm}$, puis calculée de 20^{cm} à l'infini, à l'aide de la formule (I) : r étant exprimé en centimètres et $\rho(r)r^2$ dans les unités utilisées dans la figure 1, cette aire a été trouvée égale à 317. La source n'étant pas ponctuelle, et la distribution spatiale des neutrons lents à son voisinage n'admettant pas rigoureusement la symétrie sphérique, l'extrapolation à l'origine présente un certain degré d'arbitraire. La valeur donnée ci-dessus est

donc entachée d'une erreur de principe difficile à évaluer, vis-à-vis de laquelle les autres erreurs faites dans l'évaluation de l'aire sont faibles.

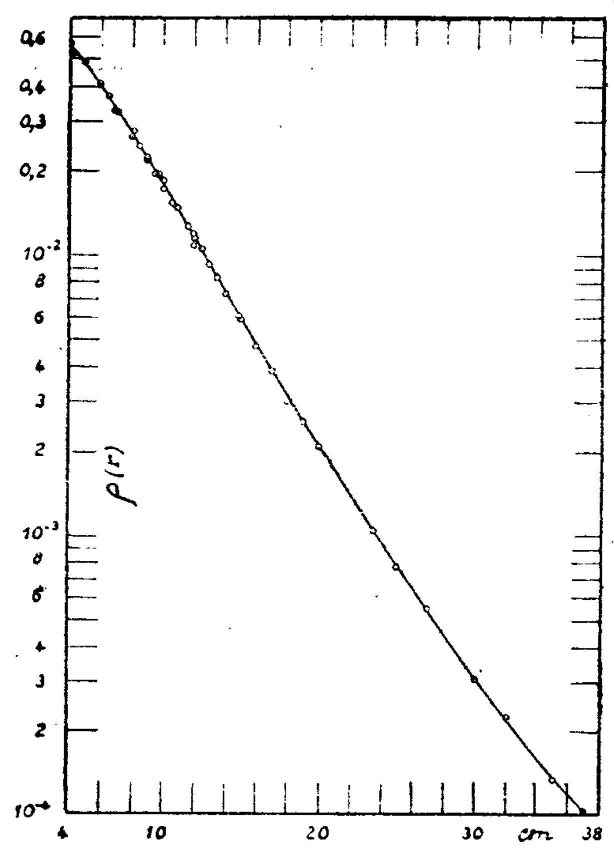


Fig. 3.

Nos résultats sont en bon accord avec ceux obtenus en utilisant une chambre à fluorure de bore pour détecter les neutrons (2).

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Sur les particules légères émises en connection avec les fragments de fission du thorium.* Note (1) de M. **Tsien San-Tsiang** et Mme **Henriette Faraggi**, présentée par M. Frédéric Joliot.

Dernièrement, utilisant la méthode de l'émulsion photographique, l'un de nous, en commun avec ses collaborateurs, a montré l'existence des phénomènes de tripartition et de quadripartition du noyau composé ^{236}U (2). Dans le cas de l'uranium bombardé par les neutrons rapides, ni quadripartition, ni tripartition avec troisième fragment de long parcours n'ont été observées. Par contre, une fois sur 100 environ, on peut observer une trace courte et fine, représentant une particule légère de faible énergie, partant de la zone centrale de la trace rectiligne formée par les deux fragments lourds projetés en sens opposés (3). Ce phénomène a été aussi observé lors de la fission de ^{235}U sous l'action des neutrons lents (3), (4).

---

(2) Frisch, v. Halban et Koch, *Danske Mathematisk-fysiske Medd.*, **15**, 1938, p. 10.

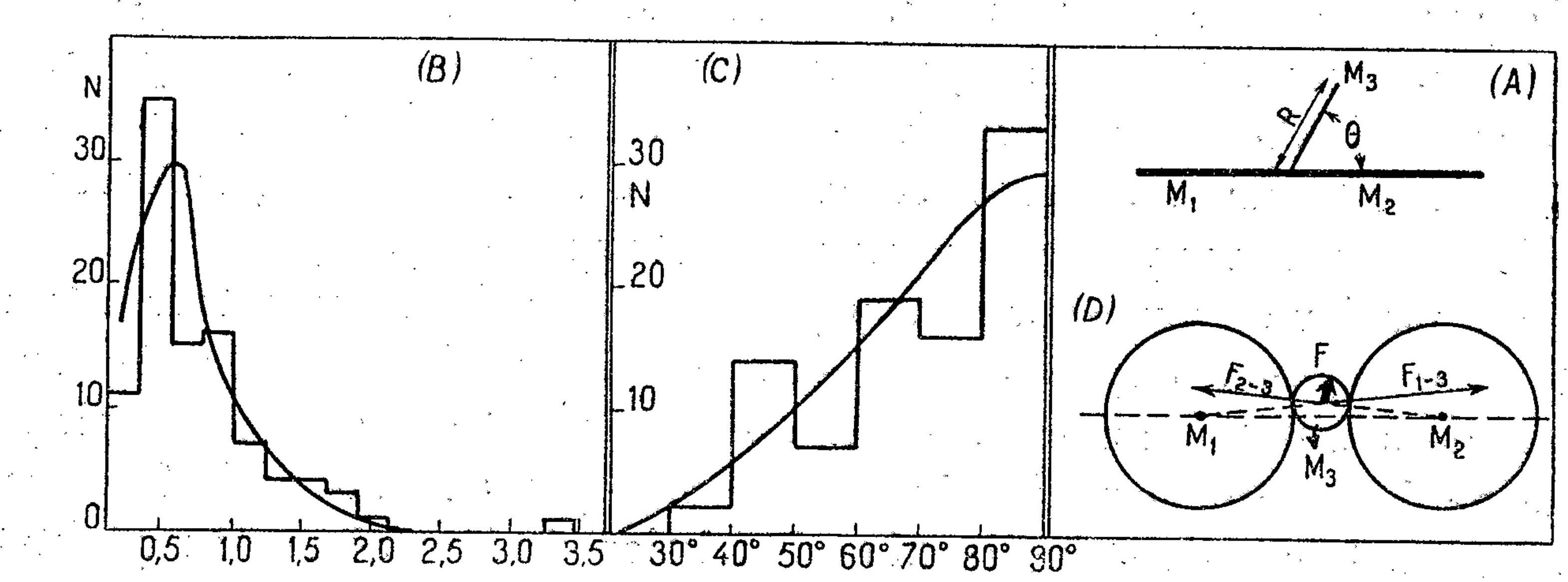
(1) Séance du 21 juillet 1947.

(2) Tsien, Ho, Chastel et Vigneron, *Comptes rendus*, **223**, 1946, pp. 986 et 1119; **224**, 1947, p. 272; *Phys. Rev.*, **71**, 1947, p. 382.

(3) Tsien, Ho, Vigneron et Chastel, *Nature*, **159**, 1947, p. 773; *Journ. de Phys.* (à l'impression).

(4) Green et Livesey, *Nature*, **159**, 1947, p. 332.

Au cours d'études faites sur le parcours des rayons α du thorium par l'une de nous (5) et sur l'énergie de fission du thorium (6), nous avons pu obtenir des plaques convenables pour l'étude des phénomènes liés à la fission par les neutrons rapides. Sur plus de 10000 trajectoires de fission du thorium par les neutrons rapides de la réaction Be + D(6,7 MeV), nous n'avons pas observé un cas sûr de quadripartition, non plus que de tripartition comportant un troisième fragment léger de long parcours; mais nous avons pu enregistrer une centaine de cas d'un rayon court de masse légère lié à la partie centrale et rectiligne de la trajectoire de fission (*fig.* A). Comme les traces des deux



R. — Parcours d'air équivalent (cm). θ. — Angle d'émission par rapport aux fragments lourds.

fragments lourds M_1 et M_2 sont pratiquement en ligne droite, il n'est pas possible de déterminer la masse de ces particules; on ne peut par conséquent pas distinguer entre la possibilité d'une tripartition et celle d'une collision entre un fragment lourd et un noyau contenu dans l'émulsion photographique survenue juste au début de son parcours, phénomène déjà observé par F. Joliot au cours de ses travaux sur les noyaux de recul des rayons α (7).

Cependant, dans les cas ainsi observés, il est possible de mesurer séparément les parcours des deux fragments lourds; le rapport des parcours les plus probables de ces fragments est d'environ 1,2 : ceci *indique un rapport de masses*

(5) Faraggi, *Journ. de Phys.*, 7, 1946, p. 353. Depuis la publication de ce travail, de nouvelles valeurs des parcours moyens des rayons α de U_I et U_{II} ont été publiées (Wytzes et Van der Maas, *Physica*, **13**, 1947, p. 49) : ceci entraîne une légère modification de nos résultats publiés. Le *parcours moyen des rayons α du thorium dans l'air serait de* 2,48 ± 0,03^{cm} au lieu de 2,43 et *leur énergie de* 3,95 MeV.

(6) Tsien, Ho et Faraggi, *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 835. En raison des difficultés de documentation, le travail de Jentschke (*Zeit. f. Phys.*, **120**, 1943, p. 165) nous avait échappé. Compte tenu de cette détermination par la méthode d'ionisation, *l'énergie cinétique totale des deux fragments de bipartition du thorium a la valeur moyenne de* 140 ± 10 MeV.

(7) Joliot, *Journ. de Phys.*, 5, 1934, p. 219.

des deux fragments plus symétrique que celui de la bipartition (rapport des parcours moyens des fragments 1,3 environ), particularité déjà observée dans le cas de la tripartition de ^{236}U avec troisième fragment léger de long parcours ([2]). Et, d'autre part, *la direction d'émission de la particule légère est préférentiellement perpendiculaire à celle des fragments lourds* ([8]). Tout ceci indique que probablement une partie de ces trajectoires est liée intimement au phénomène de fission.

Les distributions des parcours (R) et de l'angle d'émission de ces particules légères (θ) sont représentées figures B et C. On peut remarquer que *le parcours le plus probable est* 6 ± 2^{mm} en équivalent d'air et que *la valeur moyenne de l'angle d'émission est d'environ* 70°. *La fréquence de l'émission de ces particules par rapport à celle de la bipartitian est* $0{,}014 \pm 0{,}002$. Dans l'ensemble, ce phénomène est quantitativement en accord avec ceux qu'on a observés lors de la fission de l'uranium par les neutrons lents et rapides ([2]), ([3]).

Si ces particules sont émises en même temps que les fragments lourds, on peut les interpréter par le schéma simplifié de la tripartition basée sur le modèle de la goutte liquide du noyau : le troisième fragment M_3 est très peu écarté de l'axe de déformation juste avant la séparation des trois fragments (*fig.* D) ([8]). L'énergie et la direction d'émission de M_3 s'accordent qualitativement avec la prévision théorique.

De ces études, ainsi que celles faites sur la fission de l'uranium ([2]), ([3]), ([4]) et du plutonium ([9]), on peut conclure que *l'émission d'une particule légère lors de la fission est un phénomène commun à tous les noyaux susceptibles de fission, sa fréquence étant constante par rapport à celle de la bipartition* (*environ* 1/100), tandis que *la tripartition avec troisième fragment de long parcours dépend probablement de l'excitation du noyau composé. Les niveaux les moins élevés comptés à partir du seuil de fission favoriseraient ce phénomène* ([3]).

MAGNÉTOCHIMIE. — *Susceptibilité magnétique spécifique de certains mélanges* alcool-amine cyclique. Note ([1]) de M^lle^ **Simone Hatem**, présentée par M. Paul Pascal.

L'étude a été faite sur des mélanges homogènes d'alcool et d'amine cyclique, pour tous les degrés de concentration.

La susceptibilité magnétique spécifique K a été mesurée à l'aide de la balance de Pascal.

([8]) Tsien, *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 1056.

([9]) Farwell, Segré et Wiegand, *Phys. Rev.*, **71**, 1947, p. 327.

([1]) Séance du 7 juillet 1947.

La susceptibilité d'un mélange est généralement une propriété additive; or les courbes que j'obtiens ont toutes l'allure suivante (*fig.* 1).

Pour le mélange *alcool-aniline*, on trouve :

K.	
A → — 0,740	le point C correspond
B → — 0,718	à $0^g,5$ d'aniline pour 1^g de solution
D → — 0,690	
E → — 0,648	

B et D étant les points d'écarts maximum avec la droite d'additivité théorique.

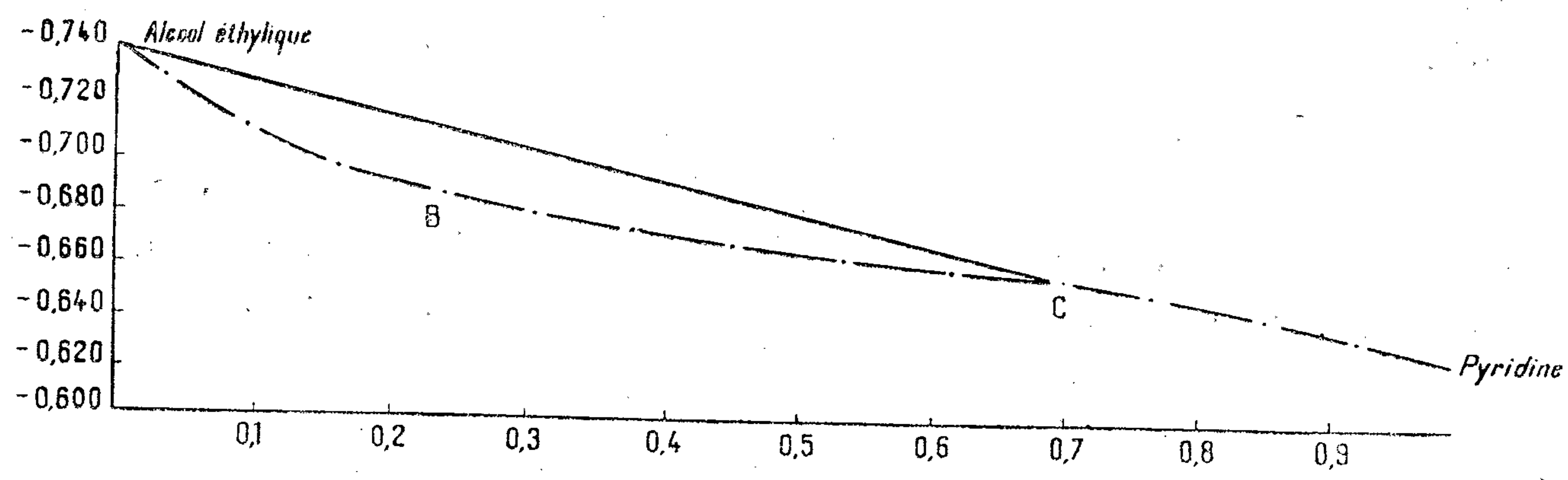


Fig. 1.

Pour les mélanges *o-toluidine-alcool*, les valeurs de K correspondant aux mêmes points de la courbe sont à 10^{-6} près :

A → — 0,745, B → — 0,708, D → — 0,768, E → — 0,692.

Le point C correspond à une concentration de $0^g,28$ d'*o*-toluidine pour 1^g de solution; il est beaucoup plus rapproché de A que pour l'aniline. De plus, l'anomalie est très accentuée, la dilatation des deux branches ABC et CDE est considérable ici.

Pour les mélanges *m-toluidine-alcool*, on trouve :

A → — 0,745, B → — 0,700, D → — 0,687, E → — 0,664.

Le point C correspond à $0^g,65$ de *m*-toluidine pour 1^g de solution.

Pour les mélanges *p-toluidine-alcool* :

A → — 0,765, B → — 0,722, D → — 0,685, E → — 0,640 corps solide.

Le point C correspond à $0^g,18$ de *p*-toluidine pour 1^g de solution, il est très rapproché du point A, on trouve là une analogie entre l'*o*-toluidine et la *p*-toluidine.

J'ai, ensuite, voulu déceler la part du noyau et j'ai étudié les mélanges d'alcool et de pyridine, puis de quinoléine et de pyrrol.

Pour le *pyrrol* la courbe a exactement la même allure, avec les chiffres

suivants :

A → — 0,745, B → — 0,724, D → — 0,742, E → — 0,710.

Le point C correspond à 0g,3 de pyrrol pour 1g de solution.

Pour *la pyridine* et *la quinoléine* les courbes sont un peu différentes (*fig.* 2).

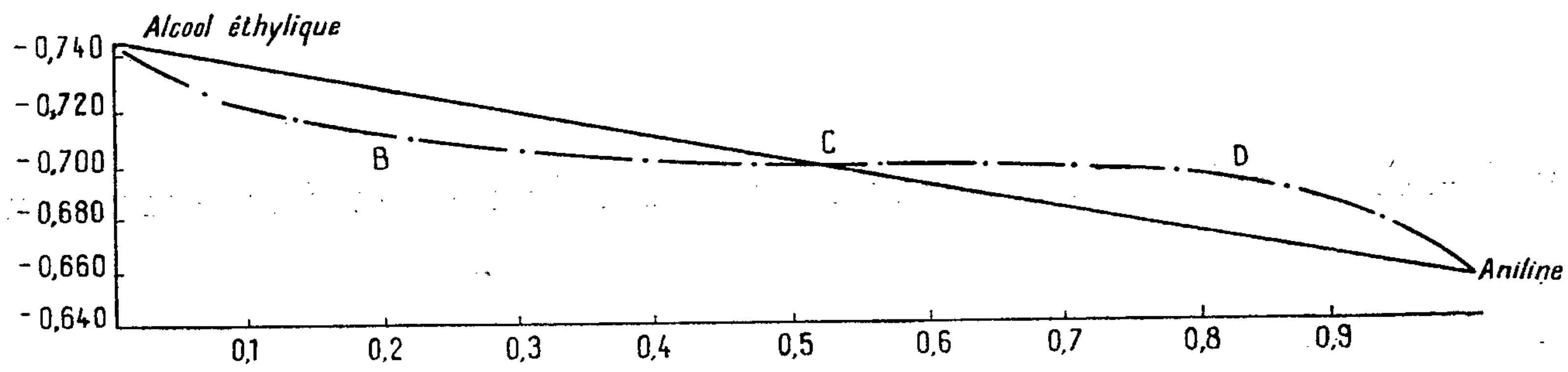


Fig. 2.

La deuxième courbure de la courbe disparaît, les chiffres sont les suivants :

Pour *la pyridine* :

A → — 0,745, B → — 0,690, E → — 0,597.

Le point C correspond à 0g,7 de pyridine pour 1g de solution.

Pour *la quinoléine* :

A → — 0,745, B → — 0,700, E → — 0,670.

Le point C correspond à 0g,75 de quinoléine pour 1g de solution.

Il est à remarquer que la branche CDE de la courbe disparaît dans les deux milieux, qui sont très associés et où la liberté moléculaire est moins grande.

MAGNÉTOCHIMIE. — *Sur la susceptibilité magnétique et la photosensibilité du bromure de plomb.* Note (1) de Mlle **Irène Delgery**, présentée par M. Paul Pascal.

Les mesures de susceptibilité magnétique du bromure de plomb ont conduit à des résultats incompatibles. M. P. Pascal (2) trouve — $0{,}272.10^{-6}$ pour susceptibilité spécifique et M. E. Grillot (3) donne — $0{,}250.10^{-6}$. Cette différence ne peut être attribuée à une erreur d'expérience. C'est pourquoi il m'a paru intéressant d'étudier la question de façon plus approfondie.

Le bromure de plomb a été préparé par double décomposition entre le nitrate de plomb et le bromure de potassium, puis recristallisé trois fois dans l'eau, en ayant soin de ne pas chauffer au-dessus de 80°.

(1) Séance du 7 juillet 1947.

(2) *Comptes rendus*, **218**, 1944, p. 177.

(3) *Journal de Chimie Physique*, **43**, 1946, p. 166.

Mesurée aussitôt la préparation du produit, la susceptibilité spécifique est $-0,275.10^{-6}$. Conservé à l'obscurité, le corps garde sensiblement la même susceptibilité. Mais, laissé à la lumière solaire normale, en couche mince, sa susceptibilité décroît, d'abord rapidement, puis plus lentement, pour se stabiliser au bout de 9 jours vers $-0,249.10^{-6}$, chiffre donné par M. Grillot (tableau I).

TABLEAU I. — *Bromure de plomb exposé à la lumière.*

Temps en heures.	Susceptibilité spécifique.	Susceptibilité moléculaire.
0	$-0,275.10^{-6}$	$-102\ .10^{-6}$
24	$-0,271$	$-99,5$
48	$-0,267$	-98
72	$-0,265$	-97
96	$-0,260$	$-95,5$
120	$-0,252$	-93
144	$-0,250$	$-91,7$
168	$-0,248$	$-90,9$
192	$-0,249$	$-91,6$
216	$-0,249$	$-91,6$
240	$-0,249.10^{-6}$	$-91,6.10^{-6}$

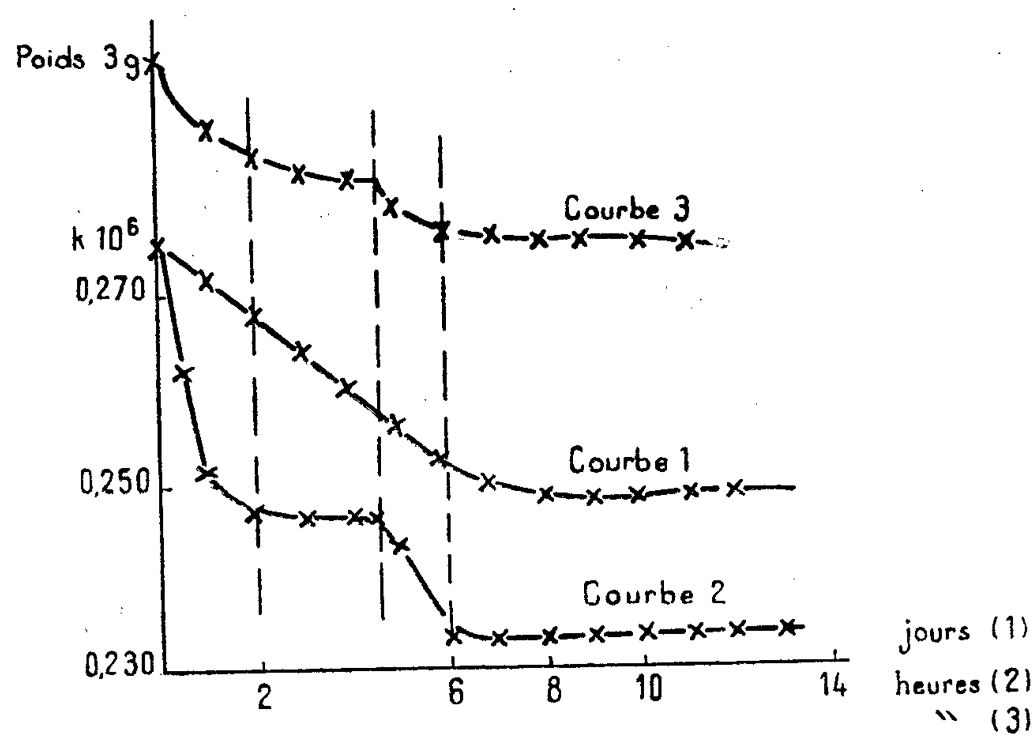
Si nous exposons le corps au rayonnement ultraviolet d'une lampe à vapeur de mercure, le même phénomène se produit, mais avec une vitesse beaucoup plus grande, et nous atteignons deux paliers : un à $-0,246.10^{-6}$, ce qui est sensiblement la limite trouvée à la lumière solaire, puis une chute rapide conduit au nouveau palier : $-0,233.10^{-6}$, lequel paraît beaucoup plus stable (tableau II).

TABLEAU II. — *Bromure de plomb exposé aux rayons ultraviolets.*

Temps en heures.	Perte de brome. Poids en mg.	At/mol.	anal.	Susceptibilité spécifique trouvée.	Susceptibilité moléculaire trouvée.	calculée.
0,30	8,7	0,0134	0,013	$-0,2625.10^{-6}$	$-96\ .10^{-6}$	$-101,7\ .10^{-6}$
1	–	–	–	$-0,2525$	-93	–
1,30	26,7	0,041	0,040	$-0,247$	$-90,5$	$-100,7$
2,30	30,25	0,0453	0,045	$-0,2465$	$-90,2$	$-100,6$
3,30	34,25	0,0525	0,05	$-0,246$	-90	$-100,4$
4,30	37,07	0,0578	0,06	$-0,2456$	-90	$-100,2$
5,30	42,07	0,0655	0,067	$-0,236$	$-86,5$	-100
7	48,07	0,0248	0,075	$-0,233$	$-85,4$	$-99,7$
9,30	52,02	0,0805	0,08	$-0,233$	$-35,4$	$-99,55$
11	59,07	0,0918	0,09	$-0,233\ .10^{-6}$	$-85,4.10^{-6}$	$-99,2\ .10^{-6}$

Or, si nous suivons de façon parallèle les variations de poids de l'échantillon, nous constatons une baisse assez faible pour les échantillons insolés

(10^{mg} pour 3^g de produit en 120 heures); mais, avec les produits exposés à l'ultraviolet, la chute est d'abord grande ($26^{mg},75$ pour 3^g de produit en $1^h 30^m$), puis moins importante. La courbe représentative du poids (courbe 3) a la



même allure que celle de la susceptibilité et l'analyse prouve que cette perte de poids est due à un départ de brome (tableau II).

Cependant, devons-nous attribuer à ce départ de Br la dépréciation magnétique? En appliquant la règle d'additivité et en tenant compte du Br absent, nous constatons que la dépréciation est beaucoup plus grande que celle que nous pouvions attendre. Il y a sans doute eu remaniement interne de la molécule. Cette dépréciation diamagnétique doit être attribuée à la déformation des ions Br.

La susceptibilité spécifique du bromure de plomb pur récemment préparé est donc $-0,275.10^{-6}$ et satisfait beaucoup mieux à la loi d'additivité que le chiffre $-0,250.10^{-6}$.

CHIMIE MINÉRALE. — *Applications de la chromatographie à la séparation des métaux nobles*. Note [1] de M. **René Dubrisay**, transmise par M. Marcel Delépine.

La technique chromatographique, qui a conduit dans le domaine organique à de si importants résultats, n'a trouvé jusqu'ici que peu d'applications en chimie minérale. La présente communication a pour objet de montrer les possibilités que peut fournir la mise en œuvre simultanée de l'absorption et de la réduction bien connue par le charbon des sels de métaux nobles [2].

---

[1] Séance du 21 juillet 1947.

[2] Voir Œchner de Conninck, *Comptes rendus*, **130**, 1900, p. 151; Otto Ruff et collaborateurs, *Z. An. Chem.*, **170**, 1928, pp. 49-61; Bolains et Philips, *Trans. Faraday Soc.*, **31**, 1935, p. 1445.

J'utilise, comme dans toutes les opérations chromatographiques, un tube de verre contenant un poids connu (20 à 50^g) de charbon finement pulvérisé ([3]). Puis je verse lentement une liqueur contenant en proportions déterminées par exemple du nitrate d'argent et des nitrates de divers métaux. On voit, après élution, l'argent métallique rassembler à la partie supérieure du tube. On peut d'ailleurs après lavage sécher le charbon à l'étuve, l'attaquer à l'acide nitrique et, dans la nouvelle liqueur obtenue, doser les métaux présents.

Les résultats obtenus dépendent, bien entendu, d'un grand nombre de facteurs (nature et structure du charbon, concentration et exposant d'hydrogène de la solution, température, vitesse d'écoulement, etc.) De minutieuses précautions sont donc nécessaires pour obtenir des résultats quantitativement comparables. Je me bornerai à donner ici quelques indications qualitatives.

En partant d'une liqueur formée par addition de 99^{cm^3} d'une solution décinormale de nitrate de cuivre à 1^{cm^3} de solution décinormale de nitrate d'argent, on retenait au total dans la colonne ([4]) $0^g,195$ d'argent pour $1^g,073$ de cuivre, ce qui correspond pour le rapport Ag/Cu exprimé en atomes-grammes à 0,085 au lieu de 0,010 dans la liqueur primitive. Mais si l'on avait pris soin de diviser la colonne de charbon en trois portions à peu près égales, ce rapport était trouvé égal à 0,127 à la partie supérieure et 0,057 dans les deux portions suivantes.

Dans un mélange de nitrate d'argent et de nitrate de plomb, les résultats étaient du même ordre. En opérant avec des liqueurs obtenues en mêlant successivement $2^{cm^3},5$ et 5^{cm^3} de solutions normales de nitrate d'argent, avec 10^{cm^3} d'une solution de nitrate de plomb également normale et en diluant le tout, à 100^{cm^3}, je trouvais pour le rapport Ag/Pb dans le charbon 1,25 au lieu de 0,25 dans le premier cas et 3,5 au lieu de 0,5 dans le second.

Des résultats analogues ont pu être obtenus avec des solutions de chlorure d'or mêlé à d'autres chlorures. L'expérience suivante me semble à ce point de vue tout à fait caractéristique. Un échantillon de boues résiduelles contenait pour 100^g environ 60^g de métaux divers (argent, cuivre, nickel, plomb, étain, etc.) et 30 à 40^{mg} d'or. 200^g de ces boues étaient attaqués par du chlore, en présence d'eau, et la solution ainsi obtenue diluée à 2 litres environ était passée sur une colonne de charbon. Après lavage et séchage, ce charbon était incinéré : en traitant les cendres par coupellation, je recueillais 76^{mg} d'or.

Cette méthode permet de caractériser et même d'évaluer grossièrement un métal précieux existant en solution à une très grande dilution. Sur une colonne de 12^g de charbon, on faisait passer 110^{cm^3} d'une solution N/100000 de nitrate

([3]) J'utilisais soit du charbon de bois, soit du charbon de coco activé à la vapeur, l'un et l'autre lavés à l'eau acidulée par l'acide nitrique, puis lavés à l'eau et séchés.

([4]) On versait la solution précédente jusqu'au moment où l'argent commençait à passer à travers la colonne de charbon.

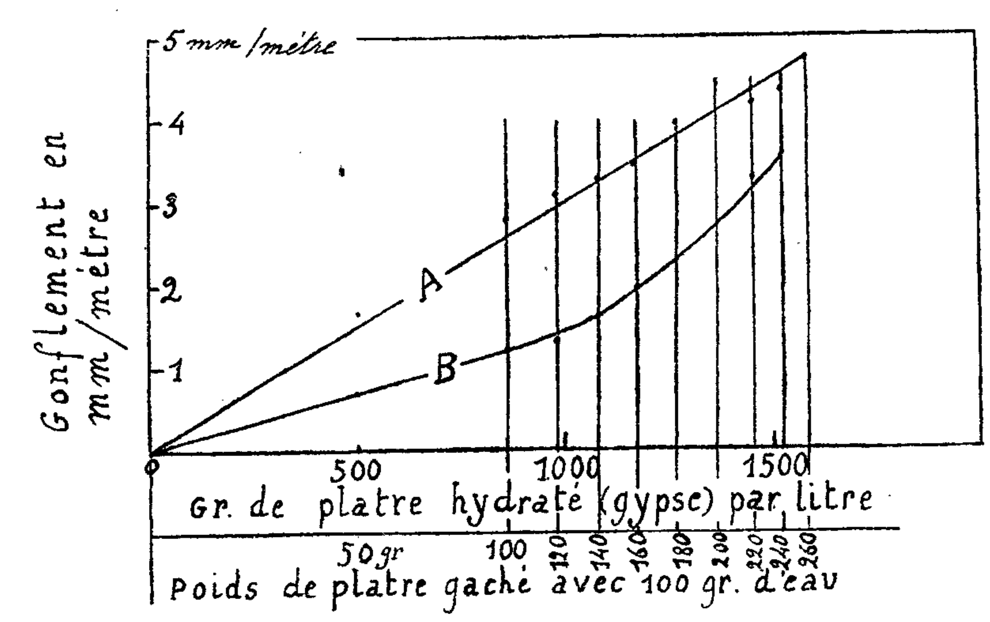
d'argent, ce qui correspond à $0^{mg},118$ de métal. Après attaque du charbon à l'acide nitrique, un dosage colorimétrique à la dithizone permettait d'en retrouver $0^{mg},098$. Une solution N/1000000 ne donne aucune coloration à la dithizone : cette coloration apparaît nettement sur le liquide résultant de l'attaque d'une colonne de 12^{g} de charbon sur laquelle on a fait passer un litre de la solution précédente.

Tout ceci se rapporte à des liqueurs où le métal précieux existe à l'état d'ion simple. Dans le cas des ions complexes, le phénomène est en général moins marqué, à l'exception toutefois des liqueurs d'hydroxyde d'argent ammoniacal.

CHIMIE INDUSTRIELLE. — *Sur les gonflements et le retrait des plâtres à mouler.* Note (1) de M. **Louis Chassevent**, présentée par M. Pierre Jolibois.

Les pâtes de plâtre à mouler et d'eau subissent, au cours de la réaction d'hydratation, un gonflement qui dépend des proportions d'eau de gâchage et de la présence de nombreux corps. Ensuite les masses dures et complètement hydratées subissent par dessiccation un retrait et par réhumidification un gonflement. Nous avons étudié ces différents phénomènes.

Influence des proportions de plâtre et d'eau de gâchage sur le gonflement des plâtres à mouler. — Nous avons mesuré, au moyen de l'appareil décrit précédemment (2), les gonflements maxima et minima résultant de l'hydratation totale de pâtes obtenues en ajoutant à 100^{g} d'eau : de 50 à 180^{g} de plâtre à mouler cuit à la marmite et de 180 à 260^{g} de plâtre à mouler cuit à l'autoclave. Les résultats obtenus sont représentés par la figure ci-dessous.



Influence des proportions de gâchage sur le gonflement de plâtre à mouler.
A : Pâtes recouvertes d'eau. B : Pâtes non recouvertes d'eau.

L'examen de cette figure montre que le gonflement varie beaucoup suivant les proportions de gâchage et par conséquent suivant la compacité de la masse

(1) Séance du 28 juillet 1947.

(2) *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 243.

durcie. Lorsque la pâte est recouverte d'eau, le gonflement maxima résultant de l'hydratation complète du plâtre est sensiblement proportionnel à la quantité de plâtre hydraté par unité de volume de la masse durcie. Ce gonflement est de 3^{mm} par mètre pour une pâte contenant, après hydratation complète du plâtre, 1000^g de gypse par litre. Nous sommes également arrivé à la conclusion que le gonflement est proportionnel à la quantité de plâtre hydraté, en suivant, avec un même plâtre, d'une part la marche du gonflement et d'autre part la marche de l'hydratation au moyen du prisomètre thermique ([3]). Les courbes représentant les évolutions de ces deux phénomènes ont la même forme à partir du moment où la pâte commence à gonfler.

Influence de diverses additions sur le gonflement accompagnant l'hydratation des plâtres à mouler. — Nous avons constaté que :

1° Le sulfate de potassium et de nombreux autres sels diminuent notamment le gonflement des plâtres à mouler, ainsi que l'ont signalé déjà Gibson et Johnston ([4]).

2° La présence de gypse incuit et de matières argileuses augmente le gonflement résultant de l'hydratation des plâtres à mouler. Ainsi cette augmentation a été de 50 % en réduisant le début de prise d'un plâtre à mouler de 28 à 7 minutes par addition d'un millième de gypse très fin.

Influence du séchage et de la réhumidification sur le volume de masses en plâtre totalement hydratées. — Nous avons mesuré, au moyen d'un appareil à comparateur gradué au centième de millimètre, les variations de longueur d'éprouvettes prismatiques aux extrémités desquelles étaient encastrées de petites billes métalliques servant de butées. Les éprouvettes ont été soumises, après hydratation complète du plâtre, alternativement à des dessiccations à l'air et à des réhumidifications par immersion dans de l'eau saturée de gypse. Les retraits par séchage et les gonflements par réhumidification ont été de $0^{mm},2$ par mètre environ avec des plâtres préparés au laboratoire à partir de gypses purs ainsi qu'avec des plâtres à mouler industriels de la région parisienne. Le retrait par séchage atteint donc à peine le dixième du gonflement qui résulte de l'hydratation. Le plâtre se comporte ainsi très différemment des ciments siliceux et alumineux qui subissent par séchage un retrait du même ordre de grandeur que le gonflement résultant de l'hydratation. Il semble que ces différences dans le retrait du séchage proviennent des différences de structure des liants hydratés. Les ciments siliceux et alumineux donnent par hydratation des produits dont les propriétés se rapprochent de celles des colloïdes, tandis que le plâtre se transforme en gypse bien cristallisé. Nous avons cherché à vérifier cette hypothèse en ajoutant à des plâtres à mouler des argiles diverses en proportion de 25^g pour 75^g de plâtre. Nous avons obtenu, après hydratation

---

([3]) JOLIBOIS et CHASSEVENT, *Comptes rendus*, **184**, 1927, p. 202.

([4]) *Journ. of Soc. of chem. Industry. Trans.*, 51, 1932, p. 25.

complète de ces mélanges, des masses qui subissaient par séchage et réhumidification des variations de longueur de 0,9 à $1^{mm},8$ par mètre, analogues à celles obtenues avec des ciments siliceux et alumineux.

En résumé, le gonflement qui résulte de l'hydratation des plâtres à mouler, est sensiblement proportionnel à la quantité de plâtre hydraté par unité de volume, lorsque la masse reste saturée d'eau pendant le durcissement. Ce gonflement dépend en outre de la présence de corps tels que des matières argileuses, de nombreux sels et de gypse incuit.

Le retrait par séchage et le gonflement par réhumidification des masses complètement hydratées et durcies sont beaucoup plus faibles avec le plâtre qu'avec les ciments siliceux et alumineux, ce qui semble être dû aux différences de structure de ces liants après hydratation.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la préparation d'un dérivé du phénylbenzsélénazole trihydroxylé au noyau phényle.* Note (1) de M. **Jean Develotte**, transmise par M. Marcel Delépine.

Poursuivant au laboratoire de M. Courtot des recherches sur les dérivés 2 substitués du benzsélénozole, nous avons été amené à l'étude d'un phénylbenzsélénozole trihydroxylé au noyau phényle.

Le phénylbenzsélénozole a été préparé pour la première fois par Bauer (2), qui l'obtenait par action du chlorure de benzoyle sur le sel de zinc de l'orthoaminosélénophénol. Nous avons pu montrer, au cours de nos recherches, dont quelques résultats ont été publiés dans de précédentes Communications (3), que la réaction des chlorures d'acides sur le sel de zinc de l'orthoaminosélénophénol a une portée très générale et permet d'accéder facilement à de multiples dérivés du benzsélénozole.

Nous allons montrer ici que la réaction s'applique également à la synthèse des composés substitués par des groupes fonctionnels. Pour cela, il suffit de partir d'un acide substitué dont on forme le chlorure, que l'on oppose ensuite au sel zincique de l'aminosélénophénol.

Nous avons choisi comme acide substitué l'acide gallique. Au cours de la préparation du chlorure de cet acide, la présence des groupes hydroxylés pourrait causer des réactions secondaires gênantes (résinification ou substitution partielle par des atomes de chlore), nous les avons donc bloqués par acétylation totale en milieu acétopyridinique d'après le mode opératoire préconisé par Lipschitz (4).

Le dérivé triacétyle obtenu a été commodément chloruré par action du

(1) Séance du 21 juillet 1947.

(2) *Ber. d. chem. Ges.*, **46**, 1913, p. 92.

(3) Ch. Courtot et J. Develotte, *Comptes rendus*, **221**, 1945, p. 101; **223**, 1946, p. 64.

(4) *Ber. d. chem. Ges.*, **51**, 1918, p. 55.

chlorure de thionyle; lorsque la réaction est achevée, on distille l'agent chlorurant en excès et l'on en chasse les dernières traces sous vide. Le chlorure d'acide cristallise alors en aiguilles incolores F 106-107°.

Préparation du trihydroxyphénylbenzsélénozole triacétylé. — Si l'on fait réagir le chlorure de l'acide triacétylgallique sur le sel de zinc de l'aminosélénophénol en poudre fine, additionné d'une quantité suffisante d'acide acétique cristallisable pour obtenir une pâte claire, on arrive normalement au dérivé benzsélénazolique correspondant, la réaction rapide est achevée en portant quelques instants le liquide réactionnel à l'ébullition; on le verse ensuite dans l'eau glacée, et au bout de quelques heures, on reprend le précipité obtenu et on le recristallise dans l'alcool à 95°. Rendement, 65 %.

Le trihydroxyphénylbenzsélénozole se présente sous forme de longues aiguilles blanches inodores, insolubles dans l'eau, solubles dans les solvants organiques; F 181-182°.

Propriétés chimiques. — Le triacétyltrihydroxyphénylbenzsélénazole possède les propriétés caractéristiques de l'hétérocycle de sa molécule, et en particulier, il donne normalement des dérivés quaternaires iodoalcoylés à l'azote, par action des iodures organiques en tube scellé à 100-105°; cependant, il ne donne pas de composé d'addition avec l'acide picrique. L'action des bases conduit au dérivé trihydroxylé.

Obtention du trihydroxyphénylbenzsélénazole. — Des essais de saponification par la soude ou la potasse alcoolique ont donné de mauvais résultats par suite d'une importante résinification inévitable avec ces réactifs. L'ammoniaque alcoolique s'est, au contraire, révélée très convenable pour la désacétylation : il suffit d'ajouter quelques gouttes d'ammoniaque en excès à une solution alcoolique bouillante du dérivé triacétylé, puis d'étendre la solution brune obtenue de la valeur du double de son volume d'eau, en ajoutant en même temps la quantité d'acide chlorhydrique nécessaire pour la neutralisation, pour obtenir par refroidissement le dérivé trihydroxylé sous forme d'aiguilles d'un blanc jaunâtre fondant à 250° avec décomposition. Le produit est très peu soluble dans l'eau bouillante, très soluble dans les solvants organiques.

Propriétés chimiques. — 1° *Action de l'acide picrique.* — On obtient facilement le picrate, en solution alcoolique, sous forme d'une poudre jaune d'aspect amorphe fondant en se décomposant à 124°.

2° *Action des bases.* — Le dérivé trihydroxylé passe en solution alcaline aqueuse avec coloration brune intense, si l'on dilue fortement, il y a apparition d'une coloration verte due sans doute à la formation d'un sel moins basique par hydrolyse partielle. Les solutions alcalines ne sont pas stables et se résinifient rapidement.

3° *Action de l'iodure de méthyle.* — Par chauffage à 100-105° avec l'iodure de méthyle, en tube scellé, on obtient le dérivé quaternaire correspondant sous forme d'une poudre jaune soufre, se décomposant à 273°. Le composé obtenu se dissout facilement dans l'eau avec une coloration jaune d'or, il est soluble également dans l'alcool méthylique, d'où l'addition d'éther le précipite.

Si l'on ajoute à la solution aqueuse quelques gouttes de soude diluée, on constate l'apparition d'une coloration rouge rubis, due à la formation d'un sel alcalin au niveau des groupes hydroxylés. L'acidification fait revenir à la teinte jaune initiale pourvu que l'on n'ait pas prolongé trop longtemps l'action de la base, qui finit dans ce cas, par attaquer l'halogène du groupe quaternaire azoté avec résinification.

Propriétés tinctoriales. — La présence de plusieurs groupes hydroxyles rapprochés dans la molécule a conduit à rechercher si le composé ne présenterait pas des propriétés tinctoriales sur fibres mordancées.

Effectivement, on obtient des teintures solides sur échevettes de coton, la coloration varie avec la nature du mordant : on obtient un brun doré avec le chrome et un jaune d'or avec l'alumine.

Conclusions. — Ces diverses expériences montrent que la présence des groupes hydroxylés ne modifie pas fondamentalement les propriétés de l'hétérocycle, il y a simplement addition de propriétés phénoliques. De plus, la présence de groupes hydroxyles voisins confère à la molécule des propriétés tinctoriales particulières. Enfin, la méthode de synthèse de dérivés du benzsélénazole, à partir de chlorures d'acides, a une portée très générale.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la constitution d'une diméthylamino-propyl-N-phénothiazine.* Note de M. **Paul Charpentier**, présentée par M. Marcel Delépine.

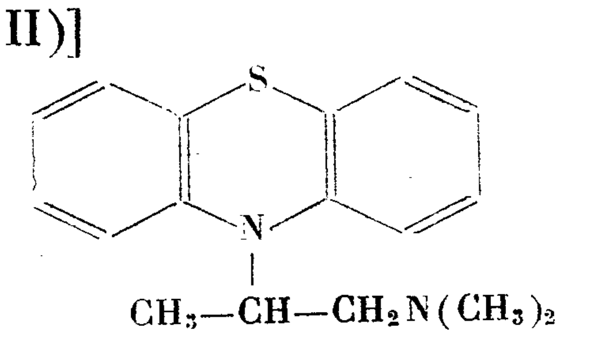
Dans le cadre d'une étude générale sur les antihistaminiques, nous avons été amené à préparer, en 1944, des diméthylamino-alcoyl-N-phénothiazines par condensation des diméthylamino-chloro-alcanes avec la phénothiazine en présence d'amidure de sodium et au sein du xylène bouillant (1).

Dans le cas particulier du diméthylamino-1 chloro-2 propane

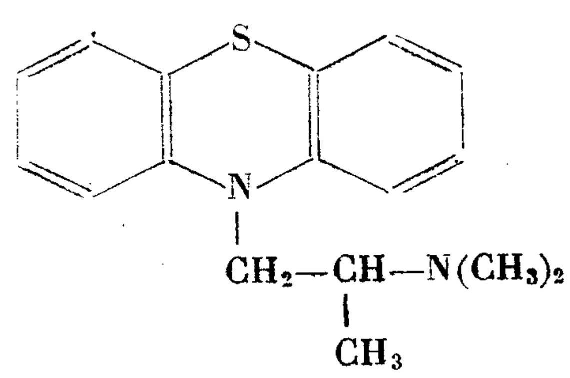
$$CH_3.CHCl.CH_2N(CH_3)_2,$$

nous avons obtenu un composé qui, tant au laboratoire (2) qu'en clinique (où il a été étudié sous le n° 3277 RP) (3), s'est révélé comme possédant de remarquables propriétés antihistaminiques.

Nous pensions qu'il s'agissait de la (*Diméthylamino-1′ propyl-2′*)-*N-phénothiazine* [formule (I)]. Cependant, des recherches récentes, mettant en jeu le diméthyl-amino-1 chloro-2 propane dans un tout autre domaine (4) (5), nous ont fait supposer que la formule précédente n'était pas exacte et qu'on pouvait fort bien avoir affaire à la (*diméthylamino-2′ propyl-1′*)-*N-phénothiazine* [formule (II)]



(I).



(II).

(1) Société Rhone-Poulenc, B. F. 917595 du 5 mars 1945 et addition numéro provisoire 42893.

(2) Halpern et Ducrot, *C. R. Soc. Biol.*, **140**, 1946, p. 361.

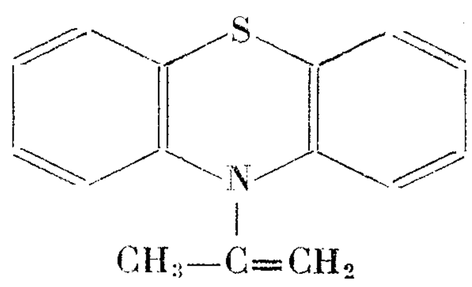
(3) Halpern, Hamburger et Debray, *Société médicale des Hôpitaux de Paris.* Séance du 13 novembre 1946.

(4) Schulz, Robb et Sprague, *Am. chem. Soc.*, **69**, 1947, p. 188.

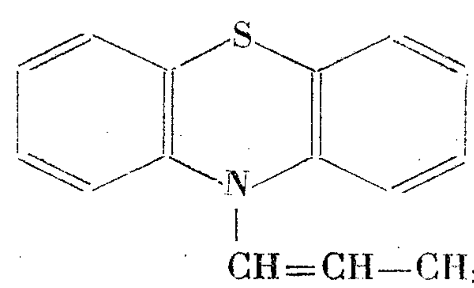
(5) Brode et Hill, *Am. chem. Soc.*, **69**, 1947, p. 724.

Les essais suivants montrent en effet qu'il s'agit bien de ce dernier composé.

Le produit a été d'abord transformé en iodométhylate, et celui-ci converti en hydroxyde d'ammonium quaternaire par action de l'hydroxyde d'argent. Cette base, dégradée par l'action de la chaleur dans les conditions habituelles de la méthode d'Hofmann, nous a donné un dérivé éthylénique qui devrait être la (*propène-1' yl-2')-N-phénothiazine* [formule (I')], si le composé initial avait la formule (I), ou bien la (*propène-1' yl-1')-N-phénothiazine* [formule (II')] si, au contraire, il avait la formule (II).



(I').



(II').

C'est un liquide épais, bouillant à 181-184° sous 1mm (N % trouvé : 6,25; S % trouvé : 13,10). Il est facile de montrer qu'il s'agit là de la (*propène-1' yl-1')-phénothiazine* $C_{15}H_{13}NS$.

En effet : 1° Par oxydation permanganique en milieu acétonique et à froid, nous avons obtenu la *formyl-N-phénothiazine* (F 144-145°; N % trouvé : 6,10), ce qui est incompatible avec la formule (I') qui aurait dû donner, dans ces conditions, l'*acétyl-N-phénothiazine*.

2° Comme toutes les amines vinyliques, le produit précédent s'hydrolyse facilement. En le traitant par l'acide sulfurique normal à l'ébullition, nous avons obtenu d'une part la phénothiazine (F 180°), et d'autre part, du propanal caractérisé par sa dinitrophénylhydrazone (F 154-155°), et par sa combinaison avec le dimédon (F 155°).

Si nous avions eu affaire à la formule (I'), il est clair que nous aurions dû obtenir non pas du propanal, mais de l'acétone. Or, le propanal que nous avons isolé titrait, à l'iode, 91 % d'aldéhyde, et nous n'avons pu mettre en évidence la présence d'acétone par le réactif de Denigès.

Tout ceci établit donc, d'une façon indiscutable, que la condensation du diméthylamino-1 chlororo-2 propane avec la phénothiazine et l'amidure de sodium conduit non pas à la (*diméthylamino-1' propyl-2')-N-phénothiazine*, mais bien à la (*diméthylamino-2' propyl-1')-N-phénothiazine*.

Nous avons d'ailleurs vérifié qu'on obtenait encore ce même composé en condensant le diméthylamino-2 chloro-1 propane $CH_2Cl.CH(CH_3).N(CH_3)_2$ avec la phénothiazine.

La (*diméthylamino-2' propyl-1')-N-phénothiazine* se présente sous forme d'une masse cristalline fondant vers 60° et bouillant à 190-192° sous 3mm. Son chlorhydrate fond à 203-204° (N % trouvé : 8,69; Cl % trouvé : 10,9).

Nous avons préparé également son picrate (F 164°), son iodométhylate (F 206-207°, N % trouvé : 6,44) et son benzène-sulfométhylate (F 275°, N % trouvé : 6,13; S % trouvé : 14,30).

CHIMIE ORGANIQUE. — *Identification des acides naphtylamine-monosulfoniques*. Note [1] de MM. **Roger Perrot** et **Albert Barghon**, transmise par M. Louis Hackspill.

Les acides naphtylaminesulfoniques ont fait l'objet de recherches étendues et des méthodes variées ont été proposées pour les caractériser. Cependant, la littérature ne mentionne qu'un petit nombre de dérivés présentant des points de fusion nets.

Les différences de solubilité des acides ou de leurs sels sont à la base de procédés de séparation, mais ne permettent pas une identification rapide. Les méthodes d'investigation font appel essentiellement à des réactions de coloration et à des réactions de formation de dérivés cristallisés. Mentionnons, à titre d'exemple, la comparaison des différentes nuances, soit des colorants azoïques préparés à l'aide de ces acides [2], soit des produits colorés obtenus avec la pyridine soumise à l'action des rayons ultraviolets [3].

En ce qui concerne la préparation de composés cristallisés, il faut signaler les travaux relatifs à la précipitation des sels fusibles que forment les amines aromatiques avec les dérivés acétylés de certains acides [4]. En outre, Whitmore et Gebhart [5] ont montré que les dérivés N-benzoylés des sels d'acides naphtylaminesulfoniques se différencient les uns des autres par leur aspect et leurs propriétés optiques. Enfin, tandis que Chambers et Watt [6] ont décrit des sels fusibles de S-benzylthiuronium d'acides naphtylaminesulfoniques, Huntress et Foote ont réussi à préparer, par l'intermédiaire des sels d'argent, quelques sels de paranitrobenzylpyridinium présentant des points de fusion nets [7].

Ayant constaté que de nombreux sels de benzoylguanidinium d'acides sulfoniques sont bien cristallisés et fusibles [8], nous avons pensé pouvoir utiliser la

---

(1) Séance du 16 juillet 1947.

(2) A. Brunner, *Analyse der Azofarbstoffe*. Berlin, 1929.,

(3) H. Freytag, *Journ. für prakt. Chemie*, **136**, 1933, p. 193,

(4) R. B. Forster et collab., *Journ. of the Society of Chemical Industry*, **46**, 1926, p. 224 et **47**, 1928, p. 155; O. C. et V. H. Dermer, *Journ. Org. Chemistry*, **7**, 1942, p. 581; Ping Chen et E. J. Cross, *Journ. Soc. Dyers Colourists*, **59**, 1943, p. 144.

(5) *Industrial and Eng. Chemistry analytical*, **10**, 1938, p. 654.

(6) *Journ. Org. Chemitry*, **6**, 1941, p. 376; G. F. Hennion et C. J. Schmidle, *Journ. Am. Chem. Soc.*, **65**, 1943, p. 2468.

(7) *Journ. Am. Chem. Soc.*, **64**, 1942, p. 1017.

(8) R. Perrot et A. Barghon, *Bull. Soc. Chim. de France*, 1947, p. 190.

benzoylguanidine pour caractériser les acides naphtylaminemonosulfoniques. Effectivement, les sels de benzoylguanidinium de ces acides sont bien cristallisés, ils ont des points de fusion nets et sont faciles à préparer.

Il suffit de chauffer dans un peu d'eau, quelques minutes à peine, jusqu'à dissolution, une petite quantité d'acide à étudier, un décigramme ou même moins, avec autant de benzoylguanidine, ce qui représente un léger excès de base. Par refroidissement le sel cristallise. La quantité d'eau à utiliser dépend de la solubilité du sel; elle est de 10 cm³ pour les quantités de réactifs indiquées, sauf en ce qui concerne les acides naphtylaminesulfoniques-1.6, 1.7 et surtout 1.3 dont les sels sont beaucoup plus solubles.

Les cristaux sont filtrés et lavés avec un peu d'alcool qui dissout la base en excès. On peut déterminer directement la température de fusion du sel.

Les sels sont incolores; ils sont gris ou plus foncés encore si l'acide examiné est un produit brut et coloré. Une purification dans l'eau en présence de noir animal fournit de beaux cristaux; mais un chauffage prolongé dans ce milieu est à éviter car une débenzoylation du sel peut se produire. Quelques sels cristallisent avec de l'eau; ils la perdent aisément par chauffage.

Le tableau suivant mentionne les températures de fusion, lues au tube de Thiele et corrigées, ainsi que l'aspect, sous le microscope, des sels des différents acides naphtylaminemonosulfoniques que nous avons étudiés. Les chiffres de position sur le cycle naphtalénique se rapportent, dans l'ordre, au groupement aminé et au groupement sulfonique.

Sels de benzoylguanidinium des acides.	PF°C.	Aspect.
1-4 (naphtionique).......	193-194	longues aiguilles
1-5 (Laurent)...........	234	prismes courts massifs
1-6 (Clève β)............	193	lamelles irrégulières
1-7 (Clève ϑ)............	214-216	aiguilles
1-8 (Schœllkopf).........	196-197	lamelles rectangulaires
1-9 (Clève γ)...........	192-193	cristaux en dents de scie
1-2.....	206-207	lamelles parallélogrammes
2-2 (Tobias)............	185-186	prismes plats
2-5 (Dahl)..............	210-211	longues aiguilles
2-6 (Brœnner)...........	185-186	prismes allongés groupés en étoiles
2-7 (F.)................	177-179	prismes allongés plats
2-8 (B. A. S. F.).........	200-201	lamelles en forme de losanges

La détermination du point de fusion du sel, éventuellement en mélange avec un sel témoin, ainsi que l'examen des cristaux au microscope, permettent l'identification.

La méthode n'est pas directement applicable aux acides polysulfoniques dont les sels sont beaucoup plus solubles.

RADIOCRISTALLOGRAPHIE. — *Méthode de détermination précise des paramètres cristallins. Application à un échantillon de mica muscovite.* Note [1] de M. **Jean Barraud**, présentée par M. Charles Mauguin.

Nous avons indiqué précédemment [2] une méthode de détermination précise des angles mutuels des plans réticulaires. Cette méthode, qui utilise deux diagrammes de Laue correspondant à deux positions du même cristal décalées l'une par rapport à l'autre d'une rotation de 180° autour de la direction du faisceau incident, est basée sur une propriété de focalisation des taches de Laue, signalée par L. Bragg [3], et dont nous avons développé les conséquences. Soient θ la valeur exacte de l'angle d'un plan réticulaire avec la normale à la face de référence du cristal (cette normale est voisine de la direction du faisceau incident), θ_1 et θ_2 les valeurs déterminées respectivement à partir de chaque diagramme. Nous avons montré que $\sin\theta = (\sin\theta_1 + \sin\theta_2)/2$ au second ordre près; nous avons d'ailleurs établi depuis que l'on obtient des résultats plus précis encore au moyen de la formule $\mathrm{tg}\,2\theta = (\mathrm{tg}\,2\theta_1 + \mathrm{tg}\,2\theta_2)/2$. Cette formule a d'ailleurs l'avantage de rendre les calculs plus rapides puisqu'elle représente en fait la moyenne des distances ρ_1 et ρ_2 d'une même tache au centre mesurées sur les deux diagrammes, d'où $\mathrm{tg}\,2\theta = (\rho_1 + \rho_2)/d$, d étant la distance de la face de référence de la lame cristalline à la surface sensible.

La méthode de Laue fournit tous les éléments nécessaires à la détermination de la symétrie (au centre près) et des indices des plans réticulaires; de plus le procédé que nous venons de rappeler permet de mesurer avec précision les valeurs des angles des plans réticulaires. En choisissant convenablement ceux-ci on pourra donc déterminer les rapports des paramètres a, b, c et les angles des axes cristallographiques. Il suffira alors de connaître en valeur absolue un seul paramètre pour déterminer la maille en valeur absolue également.

La méthode est évidente :

1° Identification des taches et détermination précise de la maille en valeurs relatives au moyen d'un couple de diagrammes de Laue suivant le procédé que nous avons rappelé ci-dessus;

2° Mesure précise en rayonnement monochromatique de l'un des paramètres.

Voici, à titre d'exemple, les résultats de mesures effectuées sur un échantillon de mica muscovite.

A. *Détermination de la maille en valeurs relatives.* — Un couple de diagrammes de Laue d'une lame de mica muscovite, pris perpendiculairement à d_{001} nous a donné pour les angles des plans réticulaires avec la normale à d_{001} : $\theta_{100} = 9°7',4$; $\theta_{\bar{2}01} = 5°40',8$; $\theta_{130} = 4°35',8$.

Il est facile de déduire de ces angles les rapports $c : d_{001}$, $a : c$ et $a : b$. Nous

---

[1] Séance du 28 juillet 1947.

[2] *Comptes rendus*, **217** 1643, pp. 683-685.

[3] *Proceedings of the Cambridge Phil. Soc.* (Nov. 1912), reproduit dans : L. Bragg, *The history of X-Ray Analysis* (Publication du British Council), p. 7.

utiliserons la maille définie par Ch. Mauguin ([4]). On trouve

$$c : d_{001} = 1,0128, \quad a : c = 0,5136, \quad a : b = 0,5764.$$

En appelant β l'angle $(\vec{a}, \vec{c}) = \theta_{001} + 90^\circ$, la maille sera complètement déterminée en valeurs relatives par $\beta = 99^\circ 7',4$, $a : b : c = 0,5764 : 1 : 1,1224$.

Vérification. — L'angle $\theta_{\bar{2}21}$ a été calculé à partir de ces valeurs, d'une part, et déduit de mesures directes sur la tache correspondante, d'autre part. On a trouvé les valeurs $\theta_{\bar{2}21\,\text{calc}} = 4^\circ 55',6$, $\theta_{\bar{2}21\,\text{mes}} = 4^\circ 54',9$, en concordance satisfaisante si l'on remarque que leur calcul fait intervenir quatre mesures d'angles (θ_{100}, $\theta_{\bar{2}01}$, θ_{130}, $\theta_{\bar{2}21}$) ([5]).

B. *Détermination de la maille en valeur absolue.* — Si l'on remarque que pour le mica, d_{003} vaut en première approximation 3,32 Å, on peut penser déterminer sa valeur avec précision en utilisant comme étalon le quartz dont l'intervalle réticulaire $d_{10\bar{1}1}$, connu avec une grande précision, vaut 3,3367 Å ([6]). C'est ce que nous avons fait. Un clivage de mica et une lame de quartz présentant une face naturelle $10\bar{1}1$ bien définie ont été montés sur le support d'une chambre à cristal tournant de façon que le bas du faisceau tombe sur le mica et le haut sur le quartz. Un monochromateur à cristal courbé permet d'isoler la radiation choisie pour la mesure et focalise le faisceau sur la fente d'entrée de la chambre. On obtient deux diagrammes superposés, l'un relatif au mica, l'autre au quartz. Les raies $d_{00(12)}$ du mica et $d_{40\bar{4}4}$ du quartz sont distantes de 1 à 2^{mm} seulement, ce qui élimine la plupart des erreurs instrumentales et aussi la variation de longueur du film ([7]). Les mesures ont donné $d_{001} = 9,954_4$ Å; on en tire les valeurs suivantes pour les différents paramètres de la maille : $a = 5,17_8$ Å; $b = 8,98_0$ Å; $c = 10,08_2$ Å; à ces valeurs il faut ajouter : angle $(\vec{a}, \vec{c}) = 99^\circ 7',4$. Si l'on adopte la maille de Tschermak utilisée par de nombreux auteurs étrangers et définie par

$$\vec{a}' = -\vec{a}, \quad \vec{b}' = -\vec{b}, \quad \vec{c}' = \vec{a} + 2\vec{c},$$

([4]) *Bull. Soc. Minéralogie*, 51, 1928, pp. 285-332.

([5]) En toute rigueur une telle vérification n'est vraiment significative que si l'on a pris soin d'éliminer les erreurs systématiques susceptibles de faire varier dans le même sens les valeurs de θ mesurées et calculées.

([6]) Valeur corrigée de l'indice de réfraction d'après V. Kunzl et J. Köppel, *Comptes rendus*, 196, 1933, pp. 787-796 et A. H. Jay, *Proc. Roy. Soc.*, (London), 142, 1933, pp. 237-247.

([7]) J. A. Rose a bien voulu reprendre cette détermination au moyen de sa méthode de précision (*Comptes rendus*, 222 1946. pp. 805-896). Son résultat diffère peu du nôtre. Obtenu avec un diamètre de chambre double de celui que nous avons utilisé, il est plus précis et c'est lui que nous avons adopté. La mesure portant comme la nôtre sur $40\bar{4}4$, la correction d'indice de réfraction est pratiquement négligeable devant les erreurs expérimentales.

on trouve

$$c' = 20{,}00_7\ \text{Å}, \qquad \text{angle}\ (\vec{a'}, \vec{c'}) = 95^\circ 40',8.$$

Ces mesures ont été faites dans les conditions normales d'emploi des appareils; moyennant certaines précautions expérimentales et un choix judicieux des plans réticulaires utilisés pour la mesure, la précision relative pourrait atteindre le 1/10000, et peut-être mieux.

MINÉRALOGIE. — *La vatérite et les formes minéralogiques du calcaire.* Note (1) de M. **Joseph Stolkowski**, présentée par M. Charles Manguin.

L'étude des formes minéralogiques de carbonate de calcium anhydre (calcite, aragonite, vatérite) a toujours présenté des difficultés : cela tient parfois aux multiples aspects de cristaux qu'il peut être délicat d'identifier : il en est ainsi pour les cristaux que représente la figure 1 et qui se forment transitoirement

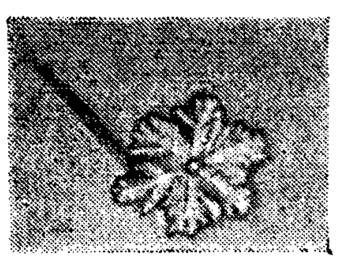


Fig. 1. — μ-CO_3Ca ?.

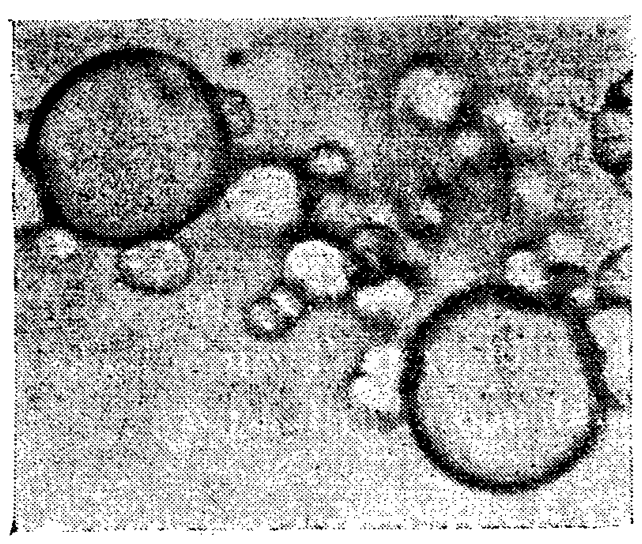


Fig. 2. — Vatérite fraîchement précipitée.

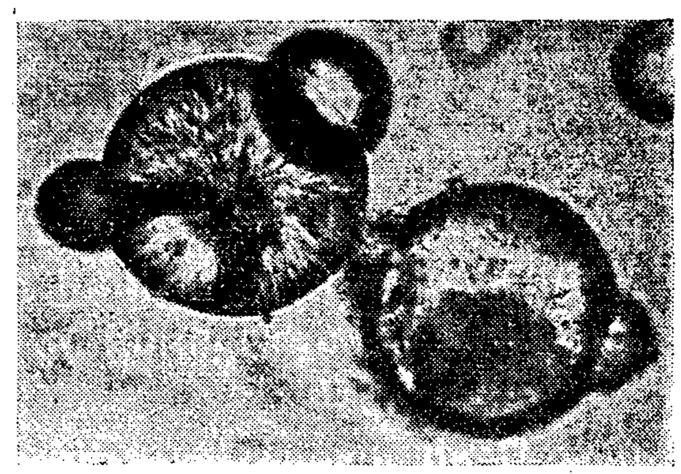
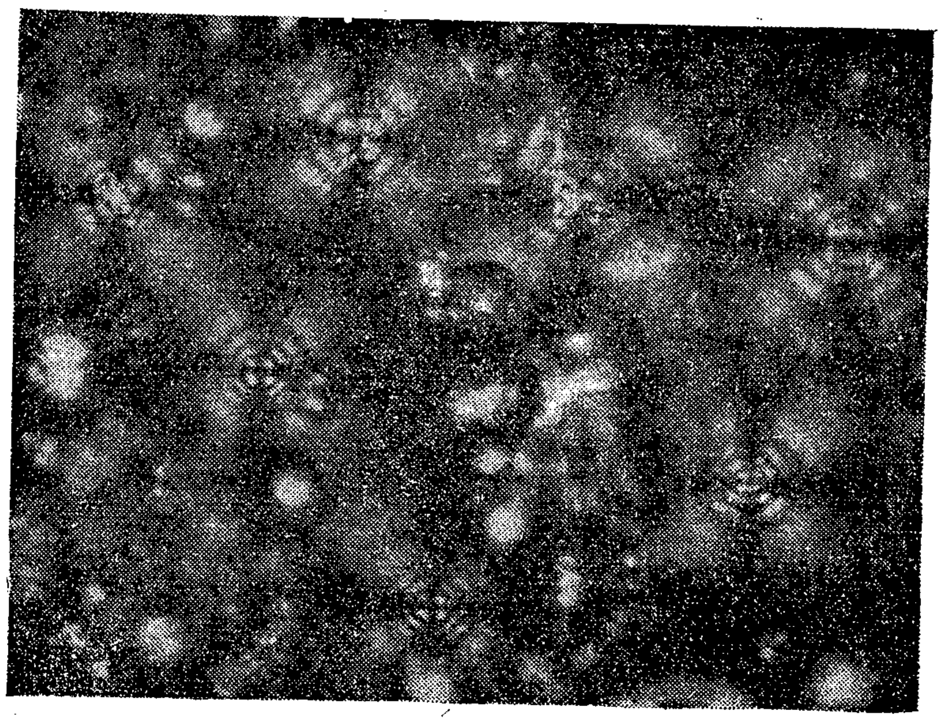


Fig. 3. — Sphérolites de vatérite de 1/10^{mm} provenant d'un précipité desséché.

dans les solutions de bicarbonate de calcium chauffées vers 60°; on les trouve mêlés à l'aragonite. Il y en a également en moindre quantité dans les précipités calcaires formés par double décomposition; ils restent éteints en lumière polarisée et ne donnent aucune figure caractéristique en lumière convergente. (Il s'agirait peut-être de la forme μ-CO_3Ca dont l'autonomie est douteuse.) De même, les propriétés de la vatérite, variété instable de carbonate de calcium, constituent encore un sujet de discussion : Heide (2) en avait cependant fait une étude précise; suivant le même principe que cet auteur, j'ai préparé de la vatérite en mélangeant deux solutions : une de carbonate de potassium à 50 % et une de chlorure de calcium 1,5 N au moins. Le pH de ce mélange était de 11,5. Mais au lieu d'opérer d'abord à 5°, puis à la température ordinaire,

(1) Séance du 21 juillet 1947.
(2) *Contralb. f. Mineralogie*, 1924, pp. 641-651.
(3) *Chemie der Erde*, 6, 1931, pp. 239-252.

j'ai laissé le tout une nuit dans la glace et achevé la cristallisation au frigidaire. Heide obtenait, au bout de 2 heures à 2 heures et demie, des sphérolites de 3 à 10^{μ}. On obtient, en opérant comme je l'ai fait, des sphérolites (*fig.* 2) cinq fois plus gros, en grande quantité. Et même, en employant des solutions alcooliques, j'ai trouvé des sphérolites qui atteignent 1/10 de millimètre (*fig.* 3); ces sphérolites sont entièrement transparents et présentent la croix noire sphérolitique en lumière polarisée (*fig.* 4). Sur des échantillons qui n'étaient



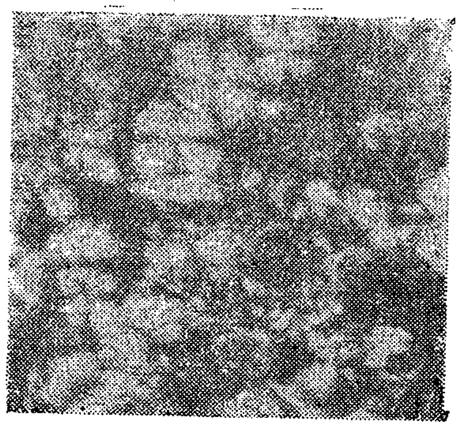


Fig. 5. — Fragment de régénérat d'Escargot, L. P.

Fig. 4. — Sphérolites de 50 μ en L. P. Grossissement : 400.

pas en voie de transformation, je n'ai pas vu cette croix noire se dissocier. La structure fibreuse radiale y est nettement visible. Leur biréfringence est faible, leur allongement, positif pour la plupart, négatif pour quelques-uns. Abandonnés entre lame et lamelle, ils évoluent en aragonite ou en calcite. L'étude aux rayons X, par la méthode Debye-Sherrer, donne par ailleurs des résultats en bonne concordance avec ceux de F. K. Mayer ([3]) : la vatérite possède une maille hexagonale.

Des formations semblables existent certainement dans le règne animal, comme le montre la figure 5, qui représente un régénérat de coquille d'Escargot examiné en lumière polarisée.

En possession de ce produit, j'ai tenté de contrôler les réactions classiques qui permettent de distinguer les variétés minéralogiques du calcaire : j'ai obtenu d'excellents résultats, surtout avec le nitrate de cobalt (réaction de Meigen) et l'alizarine; par l'action du nitrate de cobalt à froid ou à chaud, la calcite ne prend aucune coloration, l'aragonite acquiert une teinte rose, et la vatérite, contrairement aux affirmations classiques, s'en distingue par une coloration mauve violacée. Le calcaire amorphe prend une teinte mauve qui devient plus foncée à la longue.

Après l'action du nitrate de cobalt, il est remarquable de constater que les cristaux semblent intacts; c'est pourquoi, dans ce phénomène, en dehors de la réaction de double décomposition portant sur de faibles quantités, on

pouvait envisager une action d'adsorption; j'ai donc fait des essais chromatographiques, en réalisant des colonnes aussi semblables que possible; les colorants étaient : soit du paraminoazobenzène dissous dans l'éther de pétrole, soit un extrait d'ambre dissous dans l'éther de pétrole mêlé de chloroforme : la calcite ne donne rien de toutes façons; l'aragonite présente un très léger pouvoir adsorbant, mais la vatérite sépare une zone jaune orangé très nette avec le paraminoazobenzène, et une zone brune intense avec l'extrait d'ambre. Il en résulte que la vatérite est une variété minéralogique de calcaire susceptible d'être utilisée en chromatographie.

En résumé, on peut préparer de la vatérite en cristaux relativement gros (50^{μ} à 1/10 de millimètre de diamètre); on peut différencier par voie chimique la calcite, l'aragonite, la vatérite et le calcaire amorphe; enfin la vatérite est un produit qui possède un pouvoir adsorbant notable.

GÉOLOGIE. — *Sur l'existence de gisements d'étain en Algérie.* Note [1] de M. **Lucien Thiébaut.**

L'étude des graviers du massif cristallin situé au nord de Ménerville démontra en 1942 l'existence de cassitérite en très faible proportion dans les roches granitiques, constatation qui fut faite également dans tous les massifs de ces roches étudiées dans la Grande Kabylie. Dans la suite, de minuscules grains d'étain métallique furent même identifiés dans les concentrés des sluices traitant les graviers aurifères du Djebel Nora. Mais la cassitérite ne fut trouvée en quantité appréciable que dans la région El Milia-Collo en mai 1943, en particulier sur les flancs du Djebel Tamazert.

Ce massif est formé d'une granulite modifiée par dynamo métamorphisme et kaolinisée, passant latéralement à des gneiss œillés, à des micaschistes et à des séricitoschistes dans lesquels abonde parfois l'andalousite. Dans cet ensemble apparaissent de petits massifs et des filons de pegmatite tourmaline, ainsi que des intercalations de quartz et de greisen détachant parfois des apophyses au toit et au mur.

La cassitérite existe soit dans des veines quartzeuses des gneiss, soit surtout dans des sills de greisen où elle est accompagnée d'une muscovite fluorifère et de quartz. Celui-ci comporte au moins deux variétés, l'une présentant à la vue les caratéristiques normales de ce minéral, tandis que l'autre, de teinte en apparence très foncée, paraît être d'une venue plus récente. Toutes deux présentent au microscope des extinctions roulantes.

La muscovite forme des paquets de lamelles blanches, atteignant et dépassant souvent un centimètre. Elles sont souvent ployées et étirées. Leur composition

---

(1) Séance du 28 juillet 1947.

est la suivante :

SiO_2 47,4—F 0,30—Al_2O_3 36,6—FeO 0,8—K_2O 7,3—Na_2O 3,2—Li_2O traces—H_2O 4,3.

La cassitérite est brune, souvent violacée. Elle forme des grains plus ou moins volumineux, pouvant atteindre plusieurs centimètres. Elle constitue alors des éléments allongés, souvent aplatis, sans contours cristallins nets. Elle paraît avoir subi des efforts dynamiques. Au microscope elle est très polychroïque, sa teinte variant du brun et du brun lie de vin au blanc légèrement grisâtre; elle renferme des inclusions de columbite, minéral qui s'individualise parfois dans la même roche. Une analyse moyenne de cassitérite a donné :

SnO_2 94,07 — Nb_2O_5 4,5 — Fe_2O_3 0,7 — CaO 0,3 — Si_2O 0,1.

Elle est accompagnée dans les concentrés d'un phosphate de manganèse, mais en très faible proportion et parfois de traces de scheelite; la topaze, le béryl et le wolfram n'y ont pas encore été identifiés.

La tourmaline abonde dans les concentrés, mais elle n'a jamais été rencontrée à côté de la cassitérite dans ses gisements, bien que les sills stannifères passent souvent à des pegmatites tourmalinifères, mais alors entièrement stériles. Les divers minéraux également reconnus sont par ordre d'importance : l'apatite et le zircon accompagnés le plus souvent d'almandin et d'andalousite, la magnétite peu abondante ainsi que l'ilménite, qui peut d'ailleurs faire défaut, le rutile assez rare et l'anatase plus rare encore. L'or a été trouvé en deux points.

La pyrite et la barytine apparaissent souvent et parfois aussi le cinabre, mais on ne saurait associer leur présence à celle des gisements de cassitérite.

Les roches plutoniennes les plus voisines de ces gisements sont des granulites plus ou moins transformées en orthogneiss granulitiques dont la composition est celle d'un magma alcalin sodique.

Voici d'ailleurs l'analyse d'une granulite gneissique prélevée par M. Roubault à l'oued Daoud, un peu au nord d'oueds minéralisés en cassitérite et columbite :

SiO_2 75,6 — Al_2O_3 13,75 — Fe_2O_3 0,45 — MgO 0,14 — CaO 0,70 — Na_2O 4,58 — K_2O 3,63 — TiO_2 tr. — P_2O_5 0,27. — Perte à 110° 0,10. — Perte au feu 0,55.

Les caractéristiques physiques des principaux minéraux montrent que dans leur ensemble, les roches où on les trouve ont subi des efforts dynamiques intenses qui ont affecté au reste les massifs anciens avec lesquels ils sont en rapport.

La formation des gîtes d'étain paraît avoir été un corollaire de la mise en place des massifs de granulite de la région et du métamorphisme des roches sédimentaires qui les enrobent. Elle en a marqué la fin, celle-ci étant alors caractérisée par des venues qui transformèrent en kaolin les feldspaths naissants de certains massifs de granulite et y substituèrent partiellement dans leurs

apophyses, en l'espèce les sills de pegmatite en voie de consolidation, un quartz secondaire accompagné de muscovite fluorifère et de cassitérite. Les mouvements orogéniques qui durent suivre, sinon même accompagner la fin de cette phase finale, expliquent l'état physique des minéraux constituant les gîtes stannifères.

D'autre part, toute la série métamorphique où on les trouve a été formée au détriment de sédiments très vraisemblablement primaires, d'après les travaux d'Ehrmann. Enfin l'âge de la granulite étant anténumulitique, c'est à une période indéterminée au cours de cette longue période allant du Primaire à la fin du Secondaire qu'il faut placer la formation des gisements de cassitérite de la région d'El Milia.

OCÉANOGRAPHIE. — *Les sables roux du Plateau Continental français.* Note [1] de M. **Jacques Bourcart.**

Il existe au large de la Grande Vasière [2] de l'Atlantique, des *sables roux* coquillers et caillouteux, sans vase, de couleur dorée. Il semble, d'après les cartes marines, que ces sables remplacent la vase, à la latitude de l'île d'Oléron, et qu'on puisse les retrouver sur le bord oriental de la Grande Vasière jusqu'à une profondeur approximative de 40 mètres. Un certain nombre d'échantillons ont été dragués à bord du "Grenadier". Leurs caractéristiques sont exprimées dans le tableau suivant, comparées à celles d'échantillons de *sables du large* [3], recueillis à Banyuls à bord du dragueur 333, où ils séparent les vases côtières, homologues de la Grande Vasière, des *vases du large*.

Stations.	Profondeur.	Gravier + coquilles > 2mm.	Sable > 0,15.	Sablon > 0,05.	Poudre < 0,05.	Calcaire %.
Atlantique.						
4	120	69	29,8	1,2		60
4 *bis*	128	9,5	90			70
5	140	4	95,5			72
6	140	0,5	96,5	1,2	1,8	25,5
8	160	7,8	89,7	2,5		37,5
9	185	11	88,4			24
Méditerranée (Banyuls).						
22	160	17,5	66	12,5		29

Les sables roux contiennent des coquilles de Lamellibranches, en fragments ou entières, d'aspect dépoli ou usé, grisâtres, peu reconnaissables sauf *Venus ovata*, ainsi que des tubes vides, patinés de jaune, de *Ditrupa arietina*

(1) Séance du 21 juillet 1947.
(2) *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 1337.
(3) G. Pruvôt, *Arch. Zool. expér. et génér.*, 3e série, 2, 1894, pp. 599-672.

(piquants d'alènes), des coquilles de Taxodontes actuels et des plaques de Spatangidés. Les graviers sont faits de quartz de filon, patiné de Fe_2O_3, de granulite et de schistes à séricite, de calcaires bruns ou gris clair, à grain très fin, très corrodés, recouverts à la partie supérieure de Bryozoaires encroûtants et de Serpules.

Je rappellerai que Louis Dangeard ([4]) a déjà dragué au large des Glénans, par des fonds de 60 à 75^m, des poudingues à graviers patinés analogues, semblant jalonner un littoral quaternaire.

La fraction sable, dominante, outre des débris de coquilles grisâtres, des fragments de piquants d'Oursins, de test de Spatangidés, de Foraminifères, d'arêtes ou d'écailles de poissons, de plaques d'Ophiures et de prismes de nacre, est faite de quartz souvent bien roulé. Celui-ci est riche en inclusions de rutile et fissuré : les fissures envahies par Fe_2O_3. Parfois, il présente des taches de glauconie verte, rougissant à la flamme oxydante. Les feldspaths sont rares; les phyllites plus abondantes : muscovite et surtout biotite décolorée, vert pâle; les minéraux lourds nombreux. La fraction sablon, très peu abondante, est analogue avec plus de phyllites. Les spicules d'Éponges silicieuses, des Diatomées et des spicules d'Holoturie sont abondants et les minéraux lourds.

La fraction poudre est faite de paillettes calcaires, dues à la destruction des coquilles par les végétaux microscopiques perforants, ainsi que de Coccolites.

Ces sables sont curieusement riches en glauconie. Celle-ci était autrefois considérée comme caractéristique des profondeurs en dessous de —200^m. Dangeard avait pourtant déjà plusieurs fois noté sa présence dans les sédiments du Plateau continental.

Des attaques par HCl ont montré que, si la glauconie en grains est rare, elle est partout présente sous forme de moules de Foraminifères, de plaques d'Ophiures ou de piquants d'Oursins. Ceux-ci sont verts, parfois oxydés et bruns *en surface*. Souvent ils ne présentent pas, en lumière polarisée, la structure cryptocristalline caractéristique de la glauconie. Dans les sables méditerranéens, ce sont les moules verts très pâles et bruns qui sont les plus fréquents. Mais la plus curieuse forme que présente la glauconie, déjà signalée en Méditerranée par Léo Berthois et Dangeard ([5]), est celle qui remplit toutes les perforations, même les plus fines, des coquilles. Elle est très verte, le plus souvent isotrope. On notera aussi que les moules des Foraminifères apparaissent parfois sans décalcification, par simple dissolution ou usure du test. Enfin, la glauconie forme des enduits incomplets sur les grains de quartz. Les coquilles de la Grande Vasière présentent, quand elles sont grises et altérées, le même remplissage glauconieux. Accompagnées de graviers ou de grains de sable patinés de fer, elles semblent donc appartenir à des sables roux sous-jacents.

([4]) *Bull. Soc. Géol. et Min. de Bretagne*, VI, 1925, pp. 257-261.

([5]) *Geologie der Meere und Binnengewässer*, III, 4, pp. 532-545, 1939.

Les sables roux qui recouvrent le Plateau continental Atlantique, de part et d'autre de la Grande Vasière, sont riches en graviers, voire en galets, souvent usés et polis comme ceux dragués par le *Caudan* (6) en 1896, ou le *Théodore-Tissier* (7) en 1935. Ils sont, en outre, bien vanés, patinés de fer. Ces faits, et l'abondance de la glauconie, montrent que le milieu marin a dû rester longtemps agité et oxydant. Quant à la vase qui les recouvre dans la partie centrale, il semble bien que l'on puisse admettre avec Furnestin (7) que, si elle est un dépôt actuel, elle ait un substratum sableux plus ancien. La capture que j'ai faite de flocons, au large de l'île d'Yeu, est en faveur de cette hypothèse qui ne peut être vérifiée que par le prélèvement d'échantillons à l'aide de carottiers. Les mêmes conclusions s'imposent pour l'origine des sables du large du Plateau Continental du Roussillon. Les uns et les autres seraient les dépôts d'une mer en régression.

OCÉANOGRAPHIE. — *L'effet du vent sur les montées d'eau froide à Safi.* Note (1) de M. **Georges Roux**, présentée par M. Donatien Cot.

Le phénomène des montées d'eau froide (upwelling), dont le mécanisme pressenti par de Tessan (2) en 1844, est expliqué par les théories de V. W. Eckman (3), peut s'observer sur la côte marocaine de l'Atlantique (4). Théoriquement un vent de N. ou de N.-E. produit dans la couche de surface un transport d'eau sur sa droite, à 90° de sa direction par grands fonds, dans une direction moins inclinée par petits fonds. Ce reflux des eaux de surface entraîne, par raison de continuité, un afflux d'eaux sous-jacentes, plus froides, provenant de profondeurs de 100 à 300 mètres.

Pour aborder l'étude de ce phénomène, j'ai procédé à Safi à des enregistrements du vent à l'aide d'une anémo-girouette Richard et de la température de l'eau à 5^m sous la surface à l'aide d'un thermographe à résistance avec une sonde en cuivre immergée près de l'entrée du port, par fonds de 10^m. Les observations, poursuivies pendant une année, de novembre 1941 à novembre 1942, avec malheureusement quelques interruptions, ont permis de construire jour par jour les courbes de la température de l'eau T, de l'anomalie $\Delta = T - T_m$ [T_m température de l'eau de surface à 300^{km} à l'ouest de Safi (4)]

(6) *Ann. Université de Lyon*, 1896.

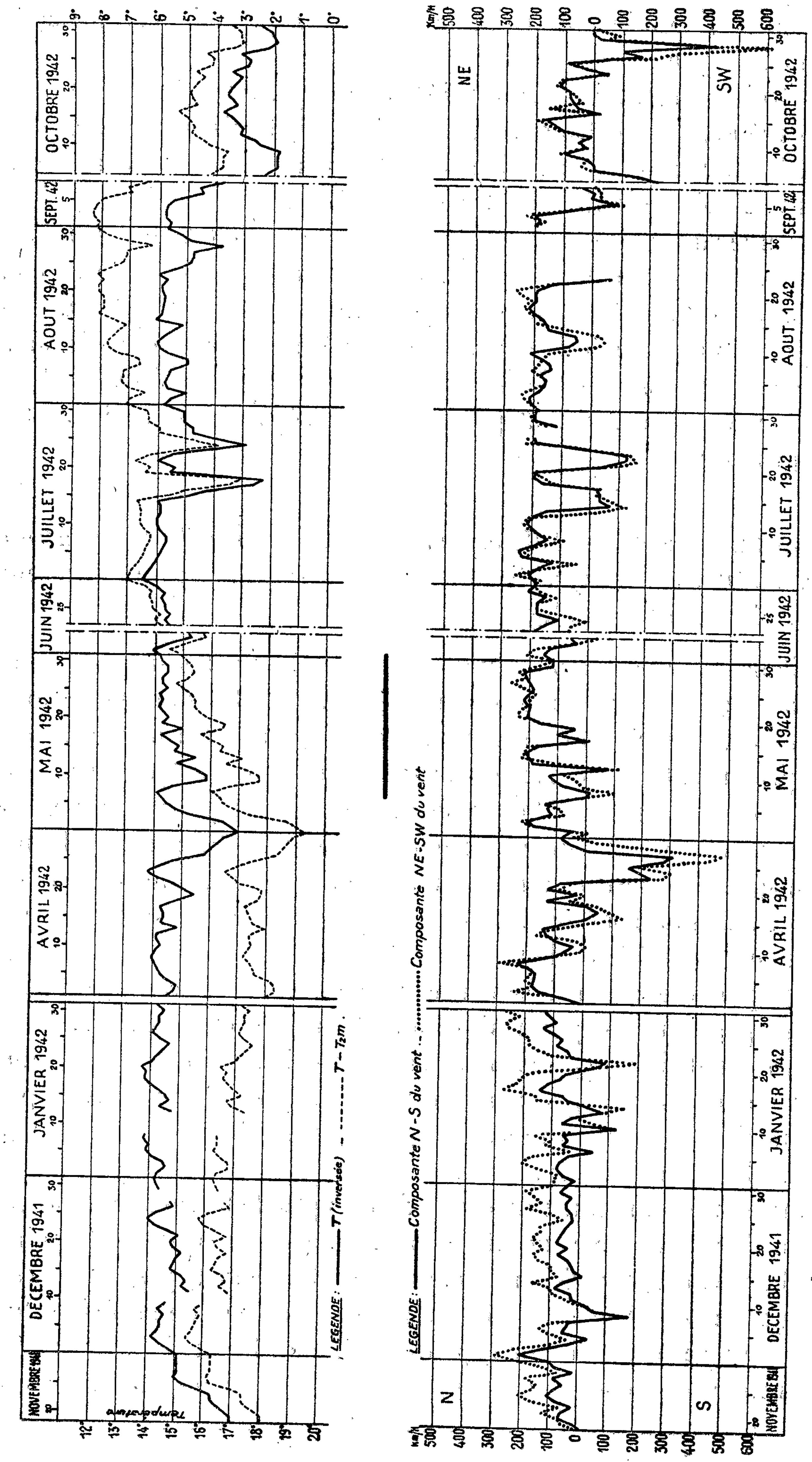
(7) *Rev. des Travaux de l'Off. des Pêches maritimes*, 10, II, 1937, p. 240.

(1) Séance du 28 juillet 1947.

(2) *Voyage autour du monde sur la frégate « La Vénus »*, X, *Physique*, par U. de Tessan, V, Paris, 1844.

(3) *Arkiv för Mathem. Astron. och Fysik*, Band II, nr. 11, 1905, pp. 13-52; V. W. Ekman, *Beitrage zur Theorie des Meeresstromungen* (*Ann. der hydr. und marit. Meteorologie*, 1906).

(4) G. Roux, *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 252. Voir Note présentée à la séance du 21 juillet.


NOVEMBRE 1941
DÉCEMBRE 1941
JANVIER 1942
AVRIL 1942
MAI 1942
JUIN 1942
JUILLET 1942
AOUT 1942
SEPT. 42
OCTOBRE 1942
Température
LEGENDE: T (inversée) T-Tm
LEGENDE: Composante N-S du vent Composante NE-SW du vent
N
S
NE
SW
Km/h

et des composants N.-S., N.E.-S.W. et E.-W. du vent. L'examen détaillé de ces cinq courbes, dont les quatre premières sont reproduites ci-dessus à échelle réduite, montre que :

1° Le refroidissement de l'eau est lié aux composantes du vent N., N.-E. (et E. à un degré moindre). Comme autour de Safi, l'orientation moyenne de la côte est N.N.E.-S.S.W., c'est bien la composante du vent parallèle à la côte qui est responsable de la montée des eaux froides.

2° La température de l'eau est très sensible à l'effet du vent; à chaque inversion de la courbe du vent, correspond une inversion de la courbe de température, avec un décalage de temps compris entre 0 et 3 jours.

3° La pente moyenne de la courbe de température varie dans le même sens que l'intégrale de la courbe de la composante N. ou N.E. du vent. La température de l'eau baisse d'autant plus que la durée et la force du vent agissant sont plus grandes.

PHYSIQUE DU SOL. — *Relation entre les variations de la température du sol et le drainage.* Note [1] de M. **Henri Roseau**, présentée par M. Albert Demolon.

A plusieurs reprises, depuis que nos cases lysimétriques sont en service — décembre 1940 — nous avons constaté, lorsqu'elles sont en période de fin d'écoulement, des variations anormales dans l'écoulement horaire. Ce sont des cases qui présentent une surface de $2^m \times 2^m$ et une profondeur de $1^m,90$.

Notant tous les matins à la même heure ce taux pour chaque case, nous avons enregistré certains jours, coïncidant avec un relèvement brutal de la température, une augmentation très nette de l'écoulement horaire, et cela pour toutes les cases soumises de la même façon à cette influence calorifique, et quelle que soit la nature de la terre.

Le même phénomène en liaison avec la même cause s'est reproduit au cours de cette campagne 1946-47, certains jours de janvier et de février.

Ces cases étant disposées en deux rangées orientées Est-Ouest, nous avons suivi l'écoulement horaire, en mars dernier, sur quatre cases dont la paroi libre exposée au Nord est soustraite aux rayons solaires, qui n'affectent pas ainsi directement les couches profondes.

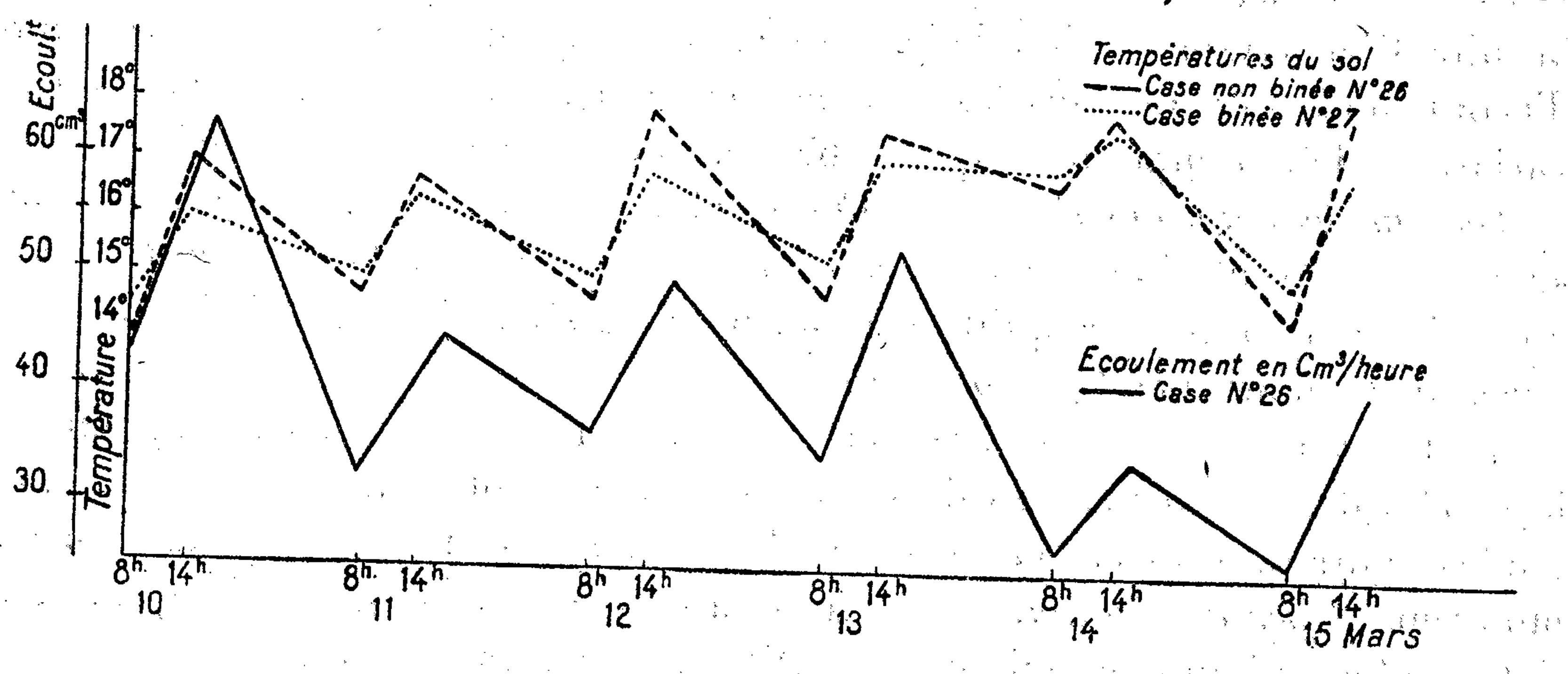
Ces quatre cases sont constituées par deux types de terres se comportant différemment à l'égard de l'eau de pluie, bien qu'elles présentent au point de vue physique la même composition élémentaire. Ces deux types de terres sont les alluvions anciennes (Aa) et les alluvions récentes (Ar) de la plaine du Chéliff. L'une des deux cases de chaque type de terre était binée, l'autre non.

Nous avons noté pendant trois semaines, du 4 au 28 mars, tous les jours

---

[1] Séance du 16 juillet 1947.

à 8 heures et à 14 heures, la température de l'atmosphère sous abri et celle du sol à 20^{cm} de profondeur, et en même temps recueilli sous chaque case pendant une heure l'eau d'égouttage, de 8 à 9 heures et de 16 à 17 heures. Les chutes



de pluie insignifiantes au cours de cette période, $3^{mm},5$ le 8, 1,7 le 24, 0,6 le 25 et 0,5 le 29, n'ont pas amené de perturbations dans l'allure de ce phénomène.

Nous avons observé les faits suivants :

1° La température du sol varie dans le même sens que la température de l'atmosphère (sous abri) : elle est plus élevée à 14 heures qu'à 8 heures; elle est d'autre part plus élevée à 8 heures et moins élevée à 14 heures chez les cases binées que chez les non binées, et cela est indépendant de la nature du sol, l'amplitude de cette variation est donc atténuée chez les cases binées.

2° L'écoulement horaire varie dans le même sens que la température. Il est moins élevé le matin que le soir. Cela est nettement mis en évidence par le diagramme relatif à une case Ar non binée (n° 26) : il y a parallélisme entre les variations de la température du sol et celles de l'écoulement horaire.

Les observations relevées dans les trois autres cases sont identiques.

Deux autres caractères affectent ce phénomène :

a. Il est *spontané*, autrement dit l'élévation de la température est suivie immédiatement d'une augmentation de l'écoulement horaire;

b. les deux types de sol sont affectés de la même façon et en même temps.

L'écoulement consécutif à une pluie est par contre décalé d'une terre à l'autre et décalé dans le temps; il faut, en effet, que l'eau tombée en surface ait d'abord assuré la capacité de rétention de la terre avant de s'écouler librement à la partie inférieure.

L'explication que nous donnons à cette variation de l'écoulement en fonction de la température est la suivante :

Lorsque le sol est arrivé vers la fin de l'égouttage, l'air circule plus librement dans les canalicules des couches supérieures. Un relèvement thermique dans ces couches superficielles provoque une évaporation du peu d'eau existant encore dans les canalicules; une partie s'échappe dans l'atmosphère, une autre

distille vers les couches profondes, amenant une surcharge de la colonne d'eau et par suite une accélération dans l'écoulement horaire.

Il ne peut s'agir d'un changement dans la viscosité de l'eau des canalicules à la suite d'une augmentation de la température. L'eau, en effet, se trouve en fin d'écoulement surtout dans les couches profondes du sol, non soumises à ces variations de la température qui n'affectent que les couches superficielles.

Conséquences agronomiques. — On attribue à l'eau du sol, sous les climats arides, une circulation *per ascensum*. Les observations relevées sur nos cases nous donnent à penser qu'il y a plutôt un phénomène de distillation qui accentue le mouvement *per descensum*.

Les heureux effets du binage sous le climat méditerranéen s'expliquent par la constitution d'un matelas de terre en surface protégeant les couches profondes contre les variations brutales de la température et réduisant ainsi le mouvement *per descensum*, en même temps que l'évaporation de l'eau dans l'atmosphère, d'où meilleure conservation de l'eau dans le sol.

BIOLOGIE. — *Expériences de décapitation de l'embryon de Lapin.* Note [1] de M. **A. Jost**, présentée par M. Robert Courrier.

De nombreuses recherches d'embryologie expérimentale ont montré que les premières phases du développement embryonnaire sont conditionnées par un système de corrélations et d'inductions. Mais les ébauches des organes, une fois mises en place, obéissent-elles encore à des corrélations fonctionnelles nerveuses ou humorales, ou peuvent-elles se développer indépendamment les unes des autres? Envisageant ce problème, P. Ancel [2] apportait en 1937, au Colloque de la Fondation Singer-Polignac, les résultats d'expériences ou d'observations effectuées dans son Laboratoire : des embryons de Poulet, irradiés localement par les rayons X et privés de parties plus ou moins importantes de l'encéphale, parfois de l'hypophyse et de la thyroïde, continuent à se développer normalement et possèdent, malgré l'agénésie hypophysaire, un appareil génital bien conformé [voir aussi E. Wolff et R. Stoll, 1937 [3]]. Il en était de même pour des monstres naturels dépourvus de pituitaire (un Lapin et deux Porcs). Selon N. Fugo (1940) [4] qui a supprimé chirurgicalement l'ébauche hypophysaire de de l'embryon de Poulet, la différenciation sexuelle s'opère normalement, mais les embryons présentent un certain retard en fin de développement, en particulier dans leur croissance. A. Raynaud (1943) [5] signale que la destruction

(1) Séance du 28 juillet 1947.

(2) In *Les Hormones sexuelles*, Colloque Singer-Polignac, 1937, Hermann, édit. Paris, pp. 185 à 200.

(3) *C. R. de la Soc. de Biol.*, **126**, 1937, p. 1215.

(4) *Journ. Exp. Zool.*, **85**, 1940, pp. 271-298.

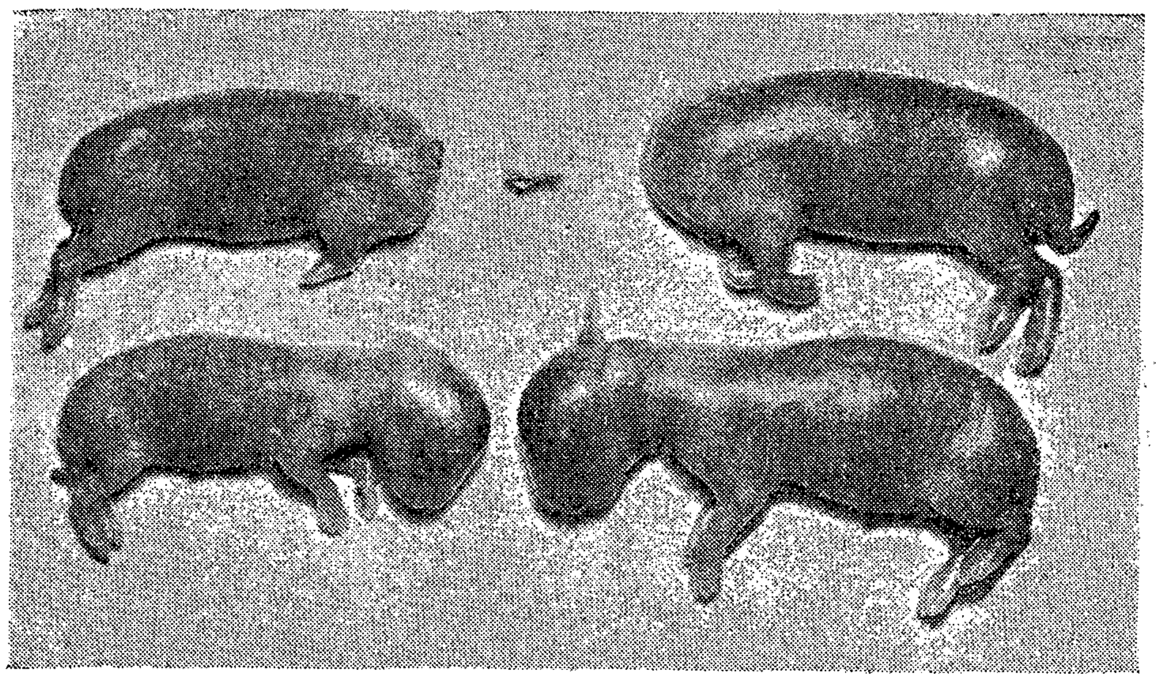
(5) *Bull. Soc. Zool. de Fr.*, **68**, 1943, p. 131.

par les rayons X de l'hypophyse d'embryons de Souris n'altère pas la différenciation sexuelle de ces embryons.

Or nos recherches antérieures nous ont montré que le développement de la sphère génitale de l'embryon de Lapin était le siège de corrélations fonctionnelles de nature humorale — c'est, semble-t-il, le seul exemple précis de telles corrélations que l'on connaisse dans l'embryon des Mammifères : la castration précoce de l'embryon mâle, par le déficit humoral qu'elle entraîne, empêche l'embryon d'acquérir ses caractéristiques somatiques masculines (6).

Les données rappelées plus haut paraissent montrer que le fonctionnement du testicule fœtal ne nécessite pas de stimulation hypophysaire. Or d'autres travaux ont établi que l'interstitielle de ce testicule s'hypertrophie sous l'influence d'une stimulation gonadotrope (7), qui, selon Aron, détermine également une augmentation du volume des vésicules séminales dans des embryons de Cobaye de 80^{mm}.

Il nous a paru nécessaire de soumettre le problème des relations hypophyse-gonades de l'embryon à un nouvel examen, à l'aide d'une technique qui permette de supprimer l'hypophyse embryonnaire d'une manière absolument



Portée de la lapine B 68 à 28 jours.
En haut, deux embryons décapités à 19 j. 5 h. Entre eux l'une des têtes enlevées à ce moment.
En bas, deux témoins.

complète. Nous avons employé un procédé brutal, mais radical, la décapitation de l'embryon. On extrait de l'utérus la partie antérieure d'embryons de 19, 21 ou 22 jours, et après avoir ligaturé le cou ou les épaules, on coupe toute la tête, puis on remet l'embryon en place. Au cours d'une césarienne pratiquée à 28 jours, on retrouve les embryons décapités parfaitement vivants et agités

(6) A. Jost, *C. R. de la Soc. de Biol.*, **141**, 1947, p. 126; *Thèse de Sciences*, Paris (2 juillet 1947, sous presse).

(7) Voir par exemple M. Aron, *C. R. de la Soc. de Biol.*, 113, 1933, p. 1069; L.-J. Wells, *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.*, **62**, 1946, p. 250.

des mêmes mouvements que leurs frères intacts (5 cas). Leur développement corporel est normal : dans une expérience, par exemple, deux fœtus ont été décapités à 19 jours 5 heures (ils mesuraient environ 28^{mm}); à 28 jours ils sont aussi grands que les témoins qui atteignent 90^{mm}, mais il leur manque naturellement la tête. Dans certains cas la surface de section est complètement cicatrisée, et il ne reste pas de trace de l'opération.

Nous apporterons ultérieurement les résultats de l'étude histologique ([8]). Les données préliminaires que nous présentons ici sont destinées à montrer que la tête, et en particulier les centres nerveux supérieurs, le bulbe et l'hypophyse ne sont pas indispensables au développement et à la croissance corporelles de l'embryon. La survie des animaux décapités, une fois qu'ils ont été extraits de l'utérus, est naturellement très brève.

La séance est levée à 15^{h}45^m.

L. B.

ERRATA.

(Séance du 10 mars 1947.)

Note de MM. *Alain Horeau* et *Jean-Jacques*, Structure moléculaire et activité œstrogène : acides hydroxynaphtylpropioniques substitués.

Page 863, lignes 1 et 18, *au lieu de* isobutyrate d'éthyle, *lire* bromoisobutyrate d'éthyle.

(Séance du 20 avril 1946.)

Note de MM. *Alain Horeau* et *Jean-Jacques*, Sur les acidylimines β-esters.

Page 1114, ligne 9, *au lieu de* $C_{15}H_9ON$, *lire* $C_{12}H_9ON$,
» » 10, *au lieu de* N % tr, 5,55, calc. 5,65, *lire* N % tr. 7,55, calc. 7,65.

([8]) Signalons que dans un mâle décapité à 19 jours 5 heures, nous avons trouvé à 28 jours certaines anomalies du tractus génital.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 11 AOUT 1947.

PRÉSIDENCE DE M. Louis BLARINGHEM.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

BOTANIQUE APPLIQUÉE. — Rectification à la Note de M. Armand Hérisset : *Une nouvelle variété de Ricin; son importance économique*, par M. Louis Blaringhem.

M. Armand Hérisset m'a adressé, le 21 avril 1947, le texte intégral de la Note, en me demandant de la présenter, *comme convenu*, à l'Académie des Sciences. J'ai avisé l'auteur par retour du courrier que des rectifications importantes devaient être examinées en accord avec M. Chevet, mon chef de culture, à l'Arboretum Gaston Allard, à Angers. Le titre seul a été changé et sous une forme qui m'oblige à intervenir.

Le titre de la Note qui a été soumise à mon examen est : *La culture du Ricin en Anjou;* on lui substitue, en mon absence motivée, un titre qui me paraît engager sérieusement l'autorité de l'Académie et sa responsabilité. Il est regrettable que la note de M. Hérisset, publiée dans les *C. R. de juin*, t. 224, p. 1836, ne pourra être rectifiée qu'en *août*, t. 225, dans un autre volume.

Il ne s'agit pas d'une *variété nouvelle fixée* de Ricin ; il est dangereux de recommander l'emploi du tourteau pour l'alimentation du bétail; la ricine, qu'on déclare absente sur un matériel à peine mûr (1946), agglutine les globules rouges et ne perd que difficilement son activité toxique par la cuisson (1 heure à 75° d'après Kobert).

C'est en 1946 que M. Hérisset a eu l'opportunité de suivre les cultures de M. Chevet; la sélection de la lignée de 1941 a été assurée par M. Chevet, alors aide technique attaché à la Caisse Nationale de la Recherche, et c'est au titre de ce Centre que je l'ai chargé de s'assurer de la stabilité génétique de la nouveauté.

CORRESPONDANCE.

M. Henrik Anthony Kramers, élu Correspondant pour la Section de Physique générale, adresse ses remercîments à l'Académie.

M. le Secrétaire perpétuel signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Université de Liége. Cours de la Faculté des Sciences. *Cinématique*, par Florent Bureau.

2° François Peyré. *Radiations cosmotelluriques*.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une classe de fonctions presque-périodiques.* Note (1) de M. Arne Beurling, présentée par M. Julia.

Théorème (2). — *Soit* $K(x)$ *une fonction sommable telle que sa transformée de Fourier* $k(t)$ *ne s'annule pas qu'en un ensemble dénombrable de points* $\{\lambda_n\}$ *sans point limite fini. Dans cette condition l'ensemble* S_K *de solutions bornées et uniformément continues de l'équation intégrale*

$$K \star \varphi = \int_{-\infty}^{\infty} K(y)\,\varphi(x-y)\,dy = 0 \tag{1}$$

est identique à la classe $B_{\{\lambda_n\}}$ *de fonctions presque-périodiques dont les fréquences* $\in \{\lambda_n\}$.

La propriété $B_{\{\lambda_n\}} \subset S_K$ étant évidente, il suffit de prouver $B_{\{\lambda_n\}} \supset S_K$. La démonstration que nons allons donner dans cette Note est essentiellement fondée sur un lemme élémentaire. *Les conditions* 1° $K \in L$ *et* $\left|\int_{-\infty}^{\infty} K\,dy\right| = \delta > 0$, 2° $U(y)$ *borné et* $|\partial U/\partial y| \leq m$, 3° $K \star U = 0$ *entraînent*

$$\sup|U(y)| \leq \frac{2m}{\delta}\int_{-a}^{a} |y\,K(y)|\,dy,$$

si a est choisi, de sorte que $4\int_{|y|\geq a} |K|\,dy \leq \delta$. Sans restreindre la généralité nous pouvons supposer $|U(0)| = \sup|U|$, d'où résulte par un calcul évident

$$\delta\,|U(0)| \leq m\int_{-a}^{a} |y\,K(y)|\,dy + 2\,|U(0)|\int_{|y|\geq a} |K(y)|\,dy,$$

(1) Séance du 21 Juillet 1947.

(2) Cf. A. Beurling, *Sur les intégrales de Fourier absolument convergentes* (*C. R. du 9e Congr. des Mathématiciens sc.*, Helsingfors, 1938). *Un théorème sur les fonctions bornées et uniformément continues sur l'axe réel* (*Acta Math.*, 77, 1945). T. Carleman, *L'intégrale de Fourier et questions qui s'y rattachent*, Upsal, 1944.

pour tout $a > 0$, d'où le lemme. Nous avons, par hypothèse, pour x et ξ réels,

$$0 = \int_{-\infty}^{\infty} K(y-\xi)\varphi(x-y)\,dy.$$

Multipliant cette relation par $e^{-\sigma|x|-it(x-\xi)}\,dx$, où $\sigma > 0$, et intégrant, on aura

$$(2) \qquad 0 = \int_{-\infty}^{\infty} K(y-\xi)\,e^{-it(y-\xi)}\,U(\sigma, t, y)\,dy,$$

où

$$(3) \qquad U(\sigma, t, y) = \int_{-\infty}^{\infty} \varphi(z)\,e^{-\sigma|z+y|-itz}\,dz.$$

Si $k(t) \neq 0$, le lemme est applicable à (2) avec $\delta = |k(t)|$, car U est borné pour (σ, t) fixe, et $|\partial U/\partial y| \leq 2\sup|\varphi|$, d'où résulte l'existence d'une constante finie C_δ telle que $|k(t)| \geq \delta > 0$ entraîne $|U(\sigma, t, y)| \leq C_\delta$. Cette inégalité est donc vérifiée également par la transformée harmonique $U(\sigma, t)$ de φ, étant par définition égale à $U(\sigma, t, 0)$, d'où résulte d'après Fatou l'existence de la limite $U(0, t)$ presque partout sur l'ensemble E_0, où $k(t) \neq 0$. Cela étant, soient ω un intervalle fini et fermé contenu dans E_0, $h_\omega(t)$ la fonction continue égale à 0 en dehors de ω, et égale à 1 au centre de ω, et ailleurs linéaire, et soit H_ω la fonction ayant h_ω pour transformée de Fourier. D'après le théorème II d'une Note antérieure ([3]) applicable, car $H_\omega(x) = O(x^{-2})$, la composition $H_\omega \star \varphi$ est L^2 et sa transformée de Fourier est égale à 0 en dehors de ω et égale à $h_\omega(t)U(0, t)$ sur ω. Puisque

$$(H_\omega \star K) \star (H_\omega \star \varphi) = 0 \qquad \text{et} \qquad H_\omega \star K \in L^2,$$

on aura, d'après la relation de Parseval,

$$\int_\omega |h_\omega^2(t)\,k(t)\,U(0, t)|^2\,dt = 0,$$

d'où $U(0, t) = 0$ presque partout sur ω. En vertu d'une propriété bien connue des fonctions harmoniques bornées, on sait maintenant conclure, d'une part, que U converge vers zéro en tout point frontière $(0, t) \neq (0, \lambda_n)$ et, d'autre part, en posant $U(-\sigma, t) = -U(\sigma, t)$, que la fonction ainsi définie est harmonique et régulière en tout point fini $\neq (0, \lambda_n)$ et, de plus, grâce à l'inégalité $|U(\sigma, t)| < (\text{const.}/|\sigma|)$, qu'il existe des constantes c_n telles que $U(\sigma, t) - c_n\sigma/[\sigma^2 + (t-\lambda_n)^2]$ reste régulier au point $(0, \lambda_n)$ $(n = 1, 2, \ldots)$. Si, en particulier, $c_n = 0$ pour $n > N$, on aura

$$U(\sigma, t) = \sum_1^N \frac{c_n\sigma}{\sigma^2 + (t-\lambda_n)^2} + V(\sigma, t),$$

où V est harmonique et régulier en tout point fini, tandis que $V(0, t) = 0$

([3]) *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 274.

et $|V| < (\text{const.}/|\sigma|)$, ce qui implique $V \equiv 0$, d'où $\varphi(x) = \frac{1}{2}\sum_{1}^{N} c_n e^{i\lambda_n x}$. Le cas général où une infinité des $c_n \neq 0$ se ramène au cas précédent en considérant la transformée harmonique U_a de la composition $H_a \star \varphi$, où $H_a = H_\omega$ avec $\omega = (-a, a)$. Par une application du théorème I de la Note citée, on aura

$$U_a(\sigma, t) = \sum_{|\lambda_n|<a} \frac{c_n \sigma\left(1 - \frac{|\lambda_n|}{a}\right)}{\sigma^2 + (t - \lambda_n)^2}, \qquad H_a \star \varphi = \frac{1}{2} \sum_{|\lambda_n|<a} c_n \left(1 - \frac{|\lambda_n|}{a}\right) e^{i\lambda_n x},$$

d'où le théorème, car $H_a \star \varphi$ converge uniformément vers φ pour $a \to \infty$, si φ est borné et uniformément continu.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Mesure du rapport des sections efficaces de capture des neutrons lents par le manganèse et l'hydrogène.* Note [1] de MM. **René Ballini**, **André Berthelot** et **Cyrille Smeets**, présentée par M. Frédéric Joliot.

La section efficace de capture des neutrons lents par Mn s'exprime à 2 % près par [2]

$$\sigma_{Mn} = 2{,}24\, E^{-\frac{1}{2}} \quad \text{ou} \quad \sigma_{Mn} = 31\, v^{-1} (\sigma \text{ en } 10^{-24} \text{cm}^2;\ E \text{ en eV};\ v \text{ en km/s}).$$

Admettant que H suit également la loi en $1/v$, nous avons cherché à déterminer par comparaison sa section efficace de capture.

Méthode expérimentale. — Une solution d'acétate manganeux est contenue dans un ballon en verre non absorbant de 6820^{cm^3}, au centre duquel se trouve une source de neutrons (Be + 1^g Ra). Le ballon est lui-même suspendu au centre d'une cuve d'eau distillée (hauteur et diamètre : $1^m{,}50$). Soient a_{Mn} et a_H les valeurs de σv pour Mn et H, q le nombre des neutrons capturés par seconde dans le ballon, q_{Mn} le nombre de ceux d'entre eux capturés dans Mn (la capture dans O et C est négligeable), n_{M_n} et n_H le nombre d'atomes Mn et H par centimètre cube. On montre facilement que

$$(1) \qquad \frac{q}{q_{Mn}} \frac{a_{Mn}}{a_H} = \frac{a_{Mn}}{a_H} + \frac{n_H}{n_{Mn}},$$

d'où il résulte que toute quantité proportionnelle à q/q_{Mn} est une fonction linéaire de n_H/n_{Mn} qui s'annulerait pour $n_H/n_{Mn} = -a_{Mn}/a_H$. Nous avons étudié une telle quantité.

Détermination de q en valeur relative. — Le nombre Q de neutrons émis chaque seconde par la source peut être représenté en valeur relative par l'aire S de la courbe en ρr^2 donnant la répartition spatiale des neutrons dans l'eau [3].

---

(1) Séance du 16 juillet 1947.

(2) Rainwater, Havens, Wu et Dunning, *Phys. Rev.*, 71, 1947, p. 65.

(3) Berthelot, Ballini et Vermaesen, *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 292.

q est égal à Q diminué du nombre des neutrons capturés hors du ballon, lequel est représenté par l'aire S′ de la courbe en ρr^2 mesurée dans l'eau distillée qui entoure le ballon dans les mêmes conditions que S. On peut donc représenter q par l'aire $s = S - S'$ (*fig.* 1). Avec les concentrations en Mn utilisées, les aires s

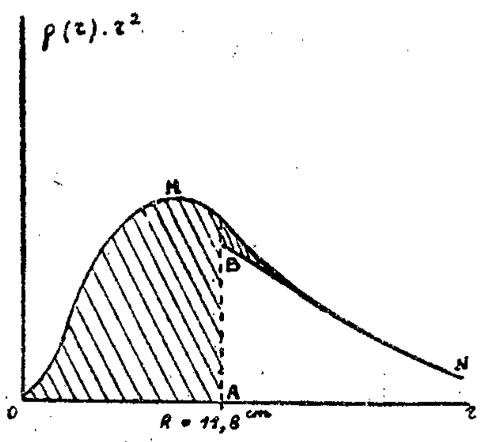


Fig. 1.

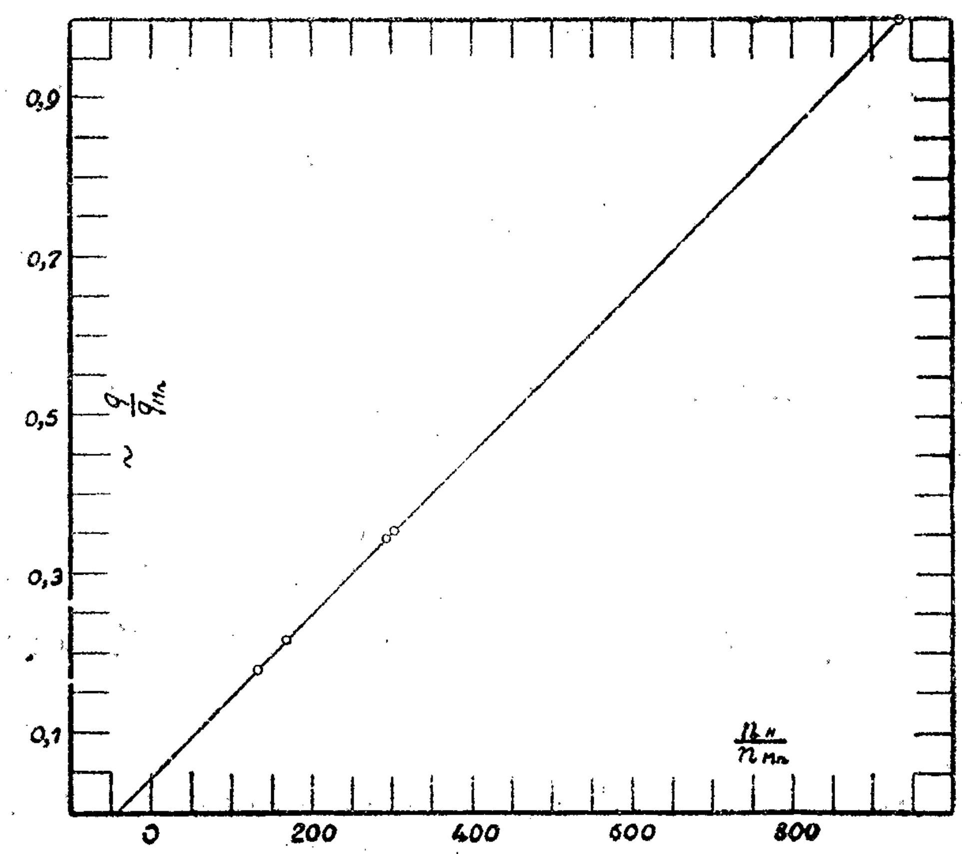


Fig. 2.

varient peu et, en prenant l'une d'elles pour unité, les valeurs obtenues sont peu affectées par l'imprécision sur l'extrapolation à l'origine.

Détermination de q_{Mn} en valeur relative. — L'activité A de la solution après irradiation a été prise pour mesure de q_{Mn}. Les mesures ont été faites, d'une part en rayons β avec un compteur à paroi mince, et d'autre part en rayons γ avec un compteur à paroi épaisse. Dans le premier cas une très légère correction a été trouvée nécessaire pour tenir compte de la variation de l'absorption des rayons β avec la concentration en sel de Mn.

Résultats. — Cinq solutions ont été utilisées :

Solutions.	1.	2.	3.	4.	5.	
$\frac{n_H}{n_{Mn}}$	932	303	292	168	132	± 0,5 %
$\frac{s}{s_1}(\sim q)$	1	1,017	1,017	1,035	1,046	
$\frac{A}{A_1}(\sim q_{Mn})$	1	2,88	2,96	4,80	5,86	
$\frac{s}{s_1}\frac{A_1}{A}\left(\sim \frac{q}{q_{Mn}}\right)$ ...	1	0,353	0,344	0,216	0,178	± 1 à 2 %

Ces nombres montrent que q/q_{Mn} varie bien linéairement (*fig.* 2) en fonction de n_H/n_{Mn}, et l'extrapolation effectuée soit graphiquement, soit numériquement

conduit à

$$\frac{a_{\mathrm{Mn}}}{a_{\mathrm{H}}} = 42 \pm 1,5.$$

D'où l'on tire, à 5 % près,

$$\sigma_{\mathrm{H}} = 0,0535\,\mathrm{E}^{-\frac{1}{2}} \quad \text{ou} \quad \sigma_{\mathrm{H}} = 0,74\,\mathrm{v}^{-1}.$$

Il est intéressant de comparer ce résultat au rapport des sections efficaces de capture du bore et de l'hydrogène. La moyenne des déterminations faites au cyclotron modulé donne, à 3 % près,

$$\sigma_{\mathrm{B}} = 115\,\mathrm{E}^{-\frac{1}{2}},$$

d'où, à moins de 8 % près, $\sigma_{\mathrm{B}}/\sigma_{\mathrm{H}} = 2150$. Cette valeur est sensiblement supérieure à celles, voisines de 1950, déterminées par d'autres auteurs ([4]), ([5]).

RADIOACTIVITÉ. — *Sur la descendance radioactive de* ${}^{225}_{87}\mathrm{AcK}$. Note de M. **Marcel Guillot** et Mlle **Marguerite Perey**, transmise par M. Frédéric Joliot.

Il ressort de l'examen des bilans énergétiques des réactions de désintégration envisagées que ${}^{225}_{87}\mathrm{AcK}$, découvert et étudié par l'un de nous ([1]), doit vraisemblablement se désintégrer par émission β en AcX normal, conformément au schéma

$$\mathrm{Ac}\begin{matrix}\overset{\alpha}{\nearrow}\mathrm{AcK}\overset{\beta}{\searrow}\\ \underset{\beta}{\searrow}\mathrm{RAc}\underset{\alpha}{\nearrow}\end{matrix}\mathrm{AcX} \xrightarrow{\alpha} \mathrm{An} \xrightarrow{\alpha} \mathrm{AcA} \xrightarrow{\alpha} \mathrm{AcB} \xrightarrow{\beta} \mathrm{AcC}\begin{matrix}\overset{\alpha}{\nearrow}\mathrm{AcC''}\overset{\beta}{\searrow}\\ \underset{\beta}{\searrow}\mathrm{AcC'}\underset{\alpha}{\nearrow}\end{matrix}\mathrm{PbAc}.$$

Le présent travail a eu pour objet la vérification de cette hypothèse. Nous avons utilisé les plaques photographiques spéciales pour étude des trajets α (Émulsion Ilford half tone concentrated, épaisseur 40 μ).

Nous sommes partis d'un produit d'actinium en équilibre radioactif, renfermant 50mg d'oxyde de lanthane et 3 millicuries d'actinium. On a d'abord éliminé cinq fois de suite RAc, par entraînement à l'aide d'hydroxyde cérique, en présence d'eau oxygénée et de traces d'ammoniaque, puis dix fois AcX par précipitation de l'hydroxyde de lanthane à l'aide d'ammoniaque décarbonatée en présence d'un excès de chlorure de baryum. La solution aqueuse concentrée d'actinium purifié (1^{cm^3}) est additionnée de 20 volumes d'alcool à 90°, et l'on immerge aussitôt (à l'obscurité) des plaques photographiques dans cette solution alcoolique, pendant 10 secondes, en agitant. On rince à l'alcool (1 seconde) et sèche à l'air. Les plaques sont alors conservées à l'obscurité, à sec, pendant

---

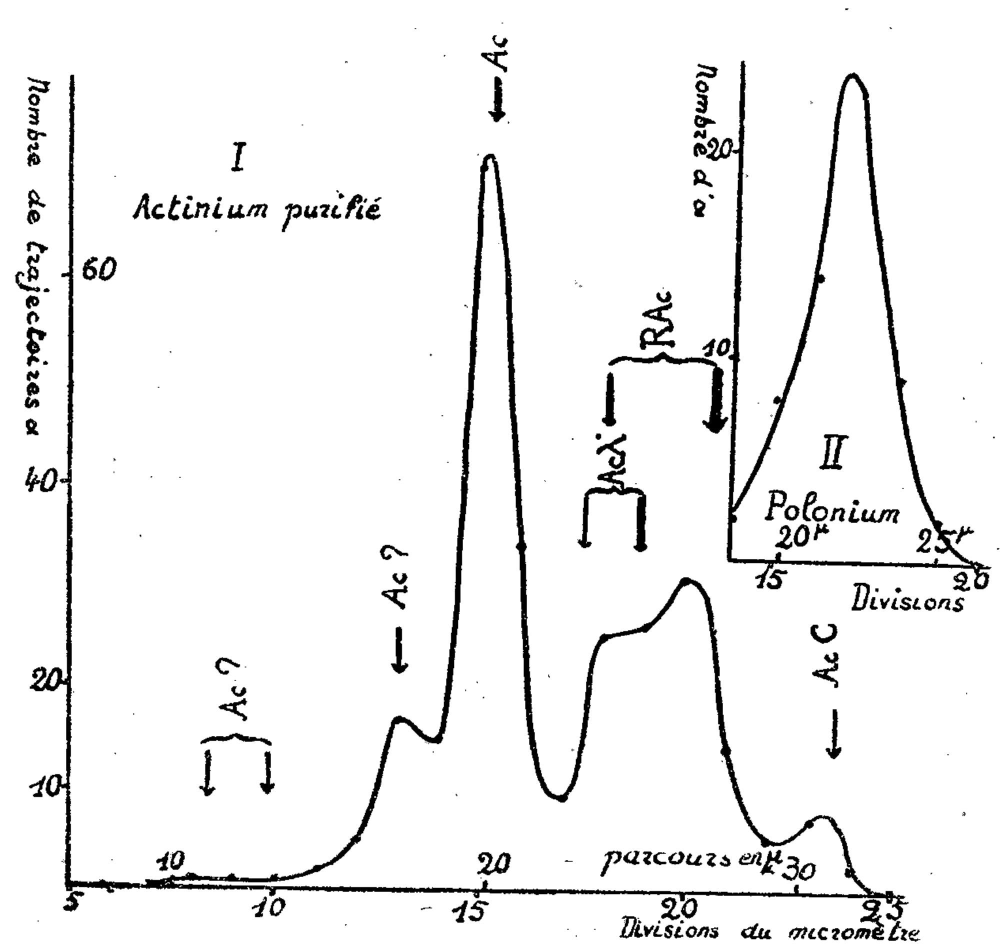
([4]) Frisch, V. Halban et Koch, *Danske Math. fys. Medd.*, **15**, 1938, p. 10.

([5]) Le Roy, Schultz et Goldhaber, *Phys. Rev.*, **57**, 1945, p. 202.

([1]) M. Perey, *Thèse Doct. Sc.* Paris, 1946.

un certain temps, pour permettre à un nombre suffisant des atomes fixés dans la gélatine de se désintégrer. Ensuite, on développe, lave et sèche. On examine enfin au microscope à immersion, avec un binoculaire monobjectif (1/15) et l'on mesure la longueur des trajets α à l'aide d'un micromètre oculaire (1 div. $= 1^{\mu},33$). Cette technique présente l'avantage de ne pas modifier la gélatine, par imbibition, lors de l'immersion.

Durée de conservation avant développement : 1 heure. — On observe presque uniquement des trajets α *isolés*. On a effectué une statistique de leurs longueurs, portant uniquement sur ceux qui sont horizontaux et intacts à leurs extrémités. On a pris comme élément de référence le polonium, dépourvu de structure fine α, avec lequel on a opéré dans les mêmes conditions. La courbe I représente les variations du nombre de trajets α, en fonction de leurs longueurs, pour notre solution d'actinium. La courbe II est relative au polonium. Les maxima



de la courbe I définissent les trajets de RAc, AcX, AcC. Les valeurs des parcours moyens dans l'air, calculées à partir de ces données, par comparaison avec le polonium, et en supposant une proportionnalité simple, sont en très bon accord avec les valeurs admises. Il est donc légitime, au moins en première approximation, d'évaluer le parcours moyen dans l'air par cette méthode.

La partie gauche de la courbe I, relative à des trajets courts, ne peut correspondre qu'à l'émission α de Ac. On observe un groupe principal, correspondant à un parcours dans l'air $\pi = 35^{mm},8 \pm 1,5$ et l'indication d'un deuxième groupe possible aux environs de $30^{mm},5$ (intensité 15 %). On rencontre même des trajets encore plus courts, de l'ordre de $\pi = 20^{mm}$, qu'il paraît difficile d'attribuer à un effet perturbateur.

Durée de conservation avant développement : 48 heures. — Ici chaque atome a eu le temps de subir *successivement* plusieurs désintégrations, sur place, de sorte qu'on observe des étoiles formées de trajets α partant d'un point unique. Il est rare d'en rencontrer qui comportent cinq trajets *tous* parfaitement horizontaux et intacts à leurs extrémités. De plus, comme les émissions α de RAc, Ac et An, comportent des structures fines, la longueur du trajet α devient très variable, et l'identification difficile. Nous avons cependant pu faire une statistique sommaire, d'où il ressort qu'indiscutablement de nombreuses étoiles sont constituées par l'α de l'Ac, associé à ceux de AcX, An, AcA et AcC. Le parcours α dans l'air de l'Ac, calculé à partir de la valeur moyenne des trajets relevés sur ces étoiles, est de $35^{mm},0$, en bon accord avec le résultat indiqué plus haut. Il est donc manifeste qu'après désintégration α (et par l'intermédiaire de l'AcK invisible ici), l'Ac a bien pour successeur AcX, An et AcA.

Des expériences, faites directement sur des solutions d'AcK pures, ont été infructueuses, en raison de la nécessité, pour identifier par ce moyen les descendants de l'AcK, d'utiliser des temps de pose très longs par rapport à sa période.

En résumé, la méthode photographique confirme l'hypothèse formulée plus haut de l'identité des successeurs de AcK et RAc.

D'autre part, nous signalons l'existence probable d'une struture fine α de l'actinium, ce que nous nous proposons de reprendre par spectrographie magnétique, sous la direction de S. Rosenblum, à l'aide du grand aimant permanent de Bellevue.

MAGNÉTOCHIMIE. — *Susceptibilité des mélanges d'alcools et d'amines.* Note (1) de Mlle **Simone Hatem**, transmise par M. Paul Pascal.

Dans une nouvelle étude, j'ai mesuré la susceptibilité magnétique spécifique des solutions de l'aniline dans l'éthanol, et je l'ai étendue aux deux propanols et au méthanol.

Dans le propanol et l'isopropanol, on retrouve le phénomène décrit précédemment.

Pour le méthanol, il n'y a plus d'anomalie, le phénomène est additif. On sait d'ailleurs que le méthanol est toujours différent des autres alcools de la série.

Après avoir vérifié l'identité du comportement des différentes amines dans le même alcool, puis de la même amine dans différents alcools, j'ai bloqué la fonction alcool en prenant l'oxyde d'isopropyl et en y dissolvant l'aniline.

L'anomalie disparaît, on obtient une droite.

Les résultats numériques sont les suivants :

---

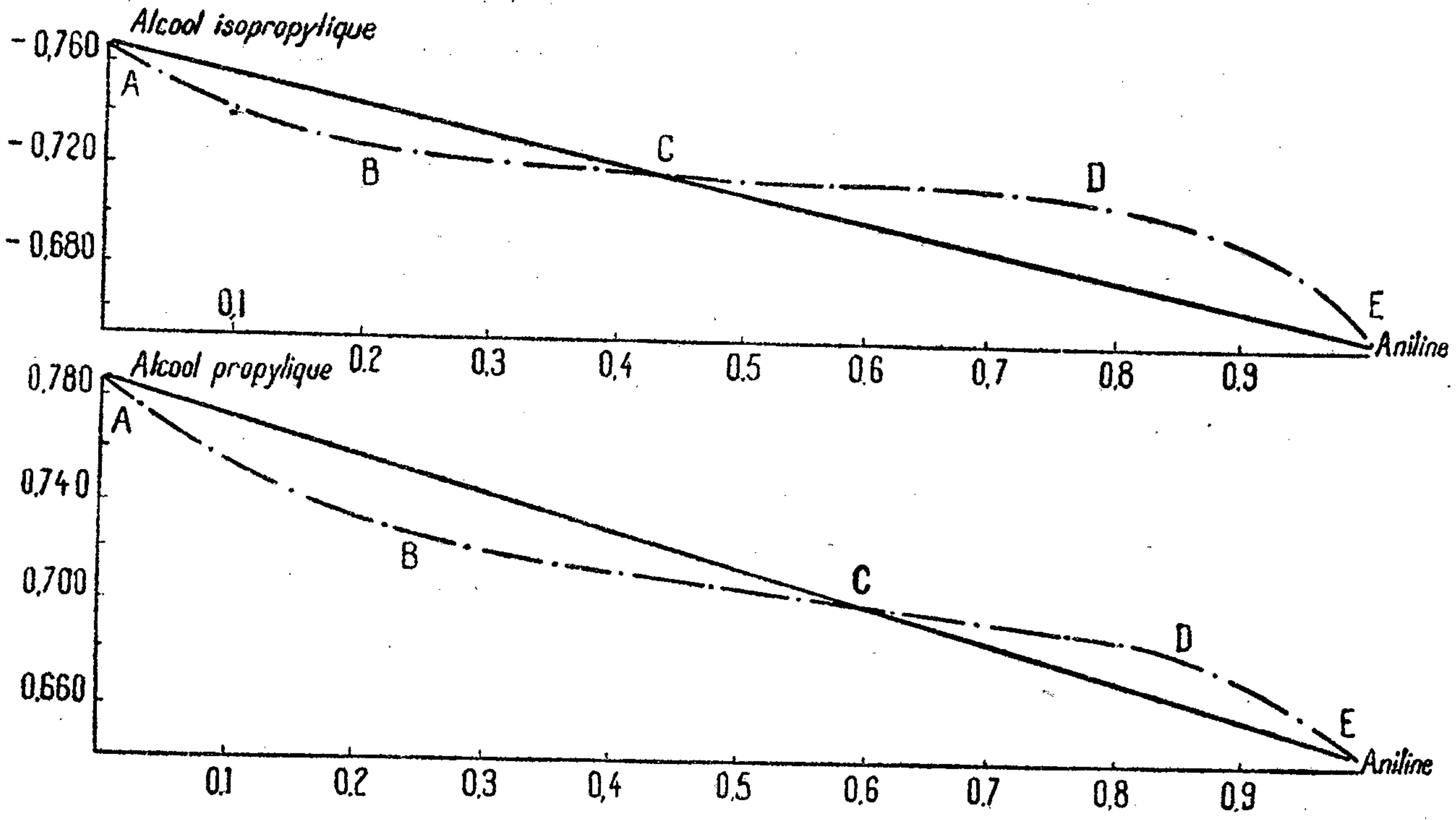
(1) Séance du 21 juillet 1947.

Masse d'aniline pour 1g de solution.	K spécifique.
0 (oxyde pur)	—0,778
0,2	—0,755
0,4	—0,732
0,6	—0,712
0,8	—0,685
1	—0,645

Puis, je me suis adressée à un corps où l'azote n'est plus trivalent. Je n'ai trouvé, comme suffisamment soluble dans l'éthanol, que le chlorhydrate d'α-naphtylamine. Là encore, l'anomalie disparaît, le phénomène est additif; voici les résultats numériques suivants :

Masse d'oxyde pour 1g de solution.	K spécifique.
0 alcool	—0,740
0,2	—0,730
0,4	—0,720 (saturation)
1 (corps solide)	—0,710

J'ai de même étudié l'oxyde dans le toluène, dans l'hexane, ce chlorhydrate



et le chlorhydrate d'aniline dans le benzène et d'autres solvants non polaires; la droite reparaissait toujours, le phénomène était additif.

On peut donc penser que l'anomalie de susceptibilité est due à la formation d'un alcoolate d'amine qui exige pour sa formation à la fois la fonction alcool et un azote non saturé. Le complexe serait en équilibre mobile avec ses constituants simples, et c'est en raison de cette instabilité qu'il aurait une activité chimique, un comportement spécial.

Dans la branche ABC de la courbe, la surface des orbites des électrons serait contractée, ceci dans le milieu alcool, tandis que dans le milieu amine cette surface se dilaterait.

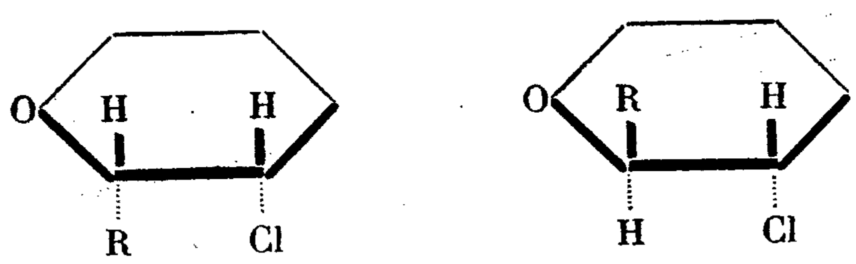
CHIMIE ORGANIQUE. — *Recherches sur les alcools γ-éthyléniques.* Note ([1]) de M. **Olivier Riobé**, présentée par M. Marcel Delépine.

Dans une Note précédente ([2]), il a été établi qu'on pouvait préparer commodément le nonène-4 ol-1 par action du sodium sur le butyl-2 chloro-3 tétrahydropyranne; étant donné le bon rendement de cette réaction, nous l'avons appliquée à d'autres chloro-3 tétrahydropyrannes, et nous avons pu constater qu'elle constituait une excellente méthode de préparation des alcools primaires γ éthyléniques

$$\underbrace{CH_2—CH_2—CH_2—CHCl—CH}_{—O—}—R + 2Na \rightarrow ClNa + NaO—CH_2—CH_2—CH_2—CH{=}CH—R$$

$$\xrightarrow{+H^2O} HO—CH_2—CH_2—CH_2—CH{=}CH—R.$$

Les alcoyl-2 chloro-3 tétrahydropyrannes ont été préparés, comme l'a indiqué R. Paul ([3]), par action des organomagnésiens sur le dichloro-2.3 tétrahydropyranne. Ayant eu à notre disposition des quantités notables de ces produits, il nous a été possible d'étudier leur séparation en isomères *cis-trans*, déjà envisagés pour les composés de ce type ([4]), mais non encore isolés :



Après une série de rectifications assez pénibles, nous avons pu obtenir dans le cas du méthyl-2, de l'éthyl-2 et du propyl-2 chloro-3 tétrahydropyranne, deux fractions assez nettes, dont l'écart des points d'ébullition est d'environ 15°. L'analyse montre qu'il s'agit d'isomères, que nous désignerons par α et β; les rendements, comptés à partir du dichloro-2.3 tétrahydropyranne, sont d'environ 36 à 42 % pour la forme α et 24 à 28 % pour la forme β.

		P. E.	d_4.	ND.
Méthyl-2 chloro-3 tétrahydropyranne	Forme α......	56° (21mm)	1.058 (21°)	1.4543 (21°)
	Forme β......	72 (21)	1.090 (21)	1.4646 (21)
Éthyl-2 chloro-3 tétrahydropyranne	Forme α......	69 (22)	1.032 (20)	1.4559 (20)
	Forme β......	84 (22)	1.057 (20)	1.4651 (20)
Propyl-2 chloro-3 tétrahydropyranne	Forme α......	88 (23)	1.015 (18)	1.4577 (18)
	Forme β......	101 (23)	1.037 (18)	1.4659 (18)

([1]) Séance du 4 août 1947.
([2]) R. Paul et O. Riobé, *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 474.
([3]) R. Paul, *Comptes rendus*, **218**, 1944, p. 122.
([4]) R. Paul, *Bull. Soc. Chim.*, (5), **2**, 1935, p. 322.

Chacun des deux isomères α et β traité par le sodium, dans les conditions indiquées pour la préparation du nonène-4 ol-1, conduit au *même* alcool éthylénique et avec le *même* rendement (80 à 90 %). Nous avons remarqué toutefois que la forme β réagissait plus énergiquement que la forme α. De cette différence de réactivité, on ne peut cependant tirer aucune indication quant à la structure de ces isomères, car ainsi que dans le cas de la déshydratation des cyclanols α-substitués ([5]) ou de l'enlèvement d'acide chlorhydrique aux acides chlorofumarique et chloromaléique ([6]), la réactivité ne dépend pas uniquement de la position dans l'espace des atomes prenant part à la réaction.

Pratiquement, si l'on a en vue seulement la préparation d'un alcool primaire γ-éthylènique, il ne sera donc pas nécessaire de s'astreindre à la séparation des stéréoisomères et l'on pourra traiter le mélange des deux alcoyl-2 chloro-3 tétrahydropyrannes.

Dans le tableau ci-dessous, sont rassemblées les constantes des alcools obtenus à partir des composés étudiés plus haut. Nous y avons ajouté celles du phényl-5 pentène-4 ol-1, provenant du phényl-2 chloro-3 tétrahydropyranne ([3]), et celles de divers dérivés caractéristiques de ces alcools.

				P. F.		Ester acétique.		
	É.	$D_{4°}^{20°}$.	$N_D^{20°}$.	Allophanate.	Dinitro-3.5 benzoate.	$É_{19mn}$.	D_4^{14}.	N_D^{14}.
Hexène-4 ol-1	69°,5$_{17mn}$	0,855	1,4409	161°,5	36°	71,5	0,903	1,4295
Heptène-4 ol-1	81,5$_{17}$	0,843	1,4442	168,5	38,5	87	0,894	1,4327
Octène-4 ol-1	95$_{17}$	0,842	1,4462	160	44	101	0,890	1,4356
Phényl-5 pentène-4 ol-1	157$_{16}$	1,009$_{17°}$	1,5640$_{17°}$	170,5	95,5	162$_{17}$	1,013	1,520

Tous ces alcools possèdent des propriétés analogues à celles du nonène-4 ol-1. En particulier, les trois premiers, distillés sous pression réduite avec 12 % de leur poids d'acide sulfurique concentré, s'isomérisent avec un rendement de 50 % environ en époxydes que leurs points d'ébullition ([7]) identifient respectivement avec l'éthyl-2 tétrahydrofuranne, le propyl-2 tétrahydrofuranne et le butyl-2 tétrahydrofuranne.

Ici encore, comme dans le cas du pentène-4 ol-1 et du nonène-4 ol-1, c'est le cycle hydrofurannique qui s'est formé de préférence au cycle hydropyrannique

$$R{-}CH{=}CH{-}CH_2{-}CH_2{-}CH_2OH \rightarrow R{-}CH_2{-}\underset{|______}{CH}{-}CH_2{-}CH_2{-}\underset{__O__|}{CH_2}$$

([5]) W. Hückel, *Ann. der Chem.*, **477**, 1930, p. 134.
([6]) Michael et Clark, *J. prakt. Chem.*, **52**, 1895, p. 326.
([7]) R. Paul, *Bull. Soc. Chim.*, (5), **6**, 1939, p. 332.

MINÉRALOGIE. — *Sur la symétrie des diagrammes de quartz des gneiss et plagioclasites grenatifères de Rochechouart (Haute-Vienne).* Note de M. **François Kraut.**

Un des résultats les plus intéressants obtenus par l'école de Bruno Sander et de Walter Schmidt est la découverte de la symétrie mise en évidence par la plupart des assemblages structuraux des roches ayant subi une action mécanique intense. Cette symétrie apparaît sur la sphère de référence quelle que soit l'orientation de la plaque mince utilisée pour les mesures; elle est directement visible dans la projection de Schmidt, à condition que la préparation soit taillée perpendiculairement à un élément de symétrie de la sphère ([1]).

Quelles conclusions peut-on tirer de ces propriétés des diagrammes? Il existe une corrélation entre l'orientation des éléments d'un corps et les facteurs mécaniques ayant présidé à sa formation ou à sa déformation. Dans le glissement relatif de deux couches de particules, le déplacement est symétrique par rapport à un plan parallèle à la direction du mouvement et perpendiculaire au plan de glissement. Un axe de symétrie est en outre normal à ce miroir et le glissement possède une symétrie monoclinique. D'autre part, dans un corps soumis à des forces extérieures qui se font équilibre, il existe trois plans perpendiculaires entre eux, ne subissant que des dilatations, toutes les autres directions étant également sollicitées par des efforts de cisaillement. Ces conditions mécaniques sont donc caractérisées par une symétrie orthorhombique. Ainsi les propriétés géométriques d'un assemblage donnent l'image des forces qui l'ont provoqué.

Voici quelques exemples obtenus avec des roches métamorphiques des environs de Rochechouart :

Les diagrammes n° 1 et n° 2 montrent une symétrie orthorhombique.

N° 1 : 260 axes de quartz d'une plagioclasite prélevée à la Forge de Saillat. Concentration des pôles 0,5, 1,2, 3,4 %. Un plan de symétrie coïncide avec celui de la schistosité, deux autres lui sont perpendiculaires.

N° 2 : 254 quartz, échantillon de la Guimaudie, même formation. Concentration 0,25, 0,50, 1,23 %. Trois miroirs mutuellement perpendiculaires dont un coïncide avec le plan de schistosité.

Les lignes d'intersection des miroirs forment, dans les cas n° 1 et n° 2, trois axes de symétrie.

Les diagrammes n° 1 et n° 4 sont de type monoclinique.

N° 3 : 360 quartz, échantillon de la voie ferrée près de Biennac. Concentration

---

([1]) Walter Schmit, *Gefügesymmetrie und Tektonik* (*Jahrbuch der Geologischen Bundesanstalt,* Vienne, 1926).

0,25, 0,50, 1, 2, 3 %. Un seul plan de symétrie faisant avec la schistosité un angle d'environ 12°.

N° 4 : 360 quartz, route de Cognac, embranchement de Saint-Laurent. Le seul plan de symétrie coïncide avec la schistosité.

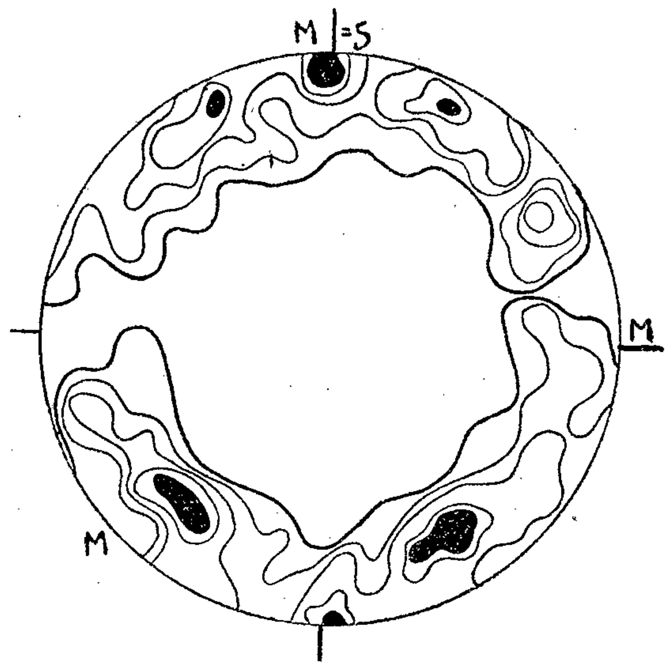


Diagramme 1.

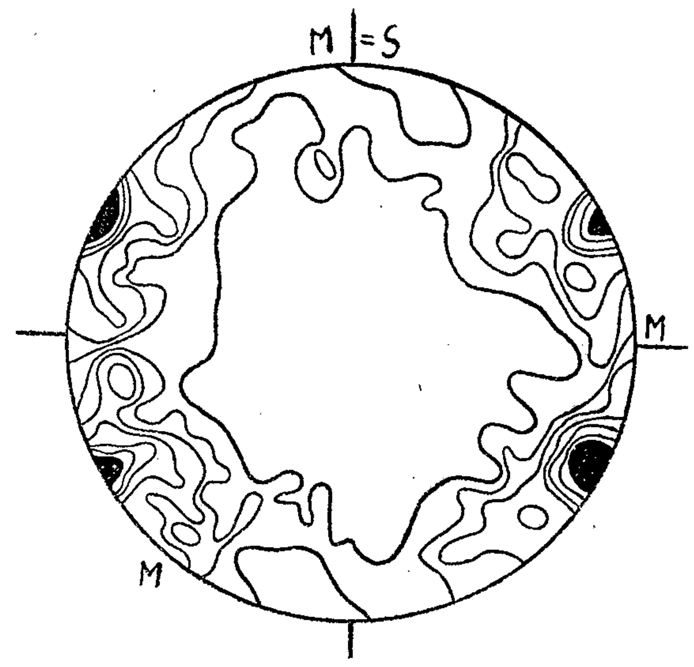


Diagramme 2.

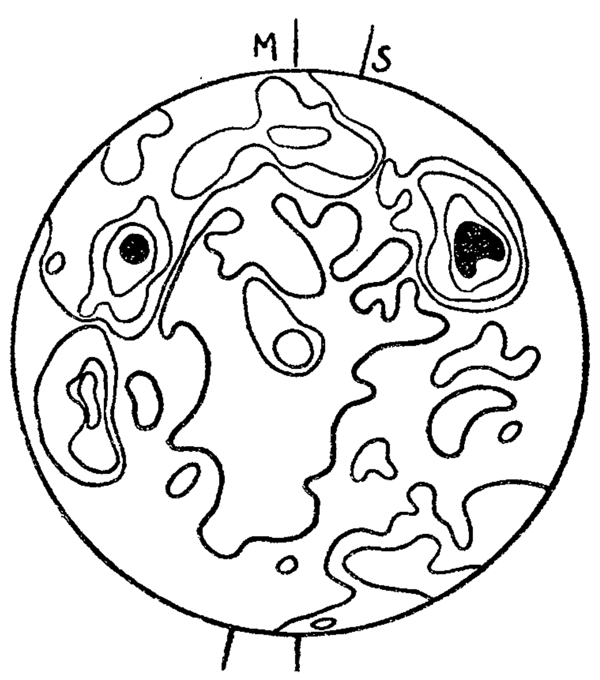


Diagramme 3.

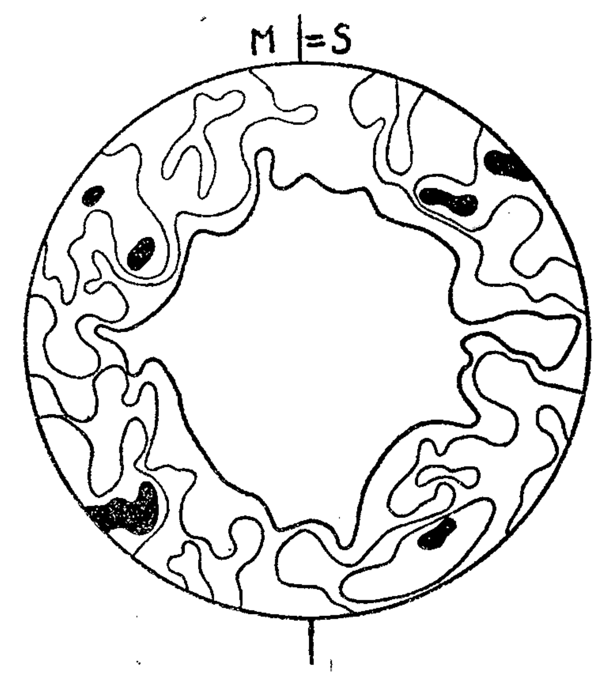


Diagramme 4.

M, plan de symétrie; S, plan de schistosité.

L'examen des diagrammes montre que les échantillons n° 1 et n° 2 doivent l'orientation de leurs cristaux de quartz à des conditions statiques tandis que n° 3 et n° 4 ont subi un glissement coïncidant ou presque avec le plan de schistosité.

Remarquons d'après Walter Schmidt qu'un mouvement monoclinique peut également aboutir à l'assemblage orthorhombique si les éléments possèdent eux-mêmes au moins un plan et un axe de symétrie. Cependant cette symétrie, supérieure à celle des causes qui l'ont provoquée, suppose un degré d'orientation très élevé, condition qui ne paraît pas réalisée dans les formations étudiées.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Étude de la croissance des bactéries du groupe typhique sur les antipodes optiques de l'arabinose* (1). Note (2) de MM. **Jacques Nicolle** et **Fernand Boyer**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

Nous avons réalisé une série d'expériences portant sur dix souches différentes (3) de chacun des bacilles suivants : typhique, paratyphique A, paratyphique B.

Les antipodes optiques de l'arabinose étaient utilisés comme source carbonée au lieu du glucose et dans notre milieu synthétique habituel (4), (5). Les ensemencements ont été faits à partir d'une culture de bactéries sur gélose prélevée dans la phase exponentielle. Pour chaque série d'expériences on utilisait des témoins comportant du glucose comme source de carbone et d'autres constitués uniquement par de l'eau bidistillée. L'observation de la croissance était faite pour chaque culture au moyen de l'électrophotomètre de Meunier. Les expériences ont été suivies pendant 15 jours. Température de l'étuve : 37°.

Voici un résumé des principaux résultats :

I. 1° *Bacille typhique*. — Nous n'avons jamais obtenu avec ce germe aucune variation de densité optique, donc aucune croissance n'a pu être décelée pour le *l*-arabinose comme pour le *d*-arabinose.

2° *Bacille paratyphique* A. — Quelques légers troubles apparaissent pour certaines souches avec le *l*-arabinose, mais aucune variation de densité optique avec le *d*-arabinose.

3° *Bacille paratyphique* B. — Avec le *l*-arabinose toutes les souches sans exception donnent une croissance totale au bout de 40 heures en moyenne (courbe 4).

Avec le *d*-arabinose le développement est plus long, il se produit au bout de 90 heures en moyenne (courbe 3).

II. Nous avons ensemencé à nouveau le bacille paratyphique B qui avait utilisé le *d*-arabinose, dans notre milieu synthétique contenant le *d*-arabinose, la croissance totale a eu lieu pour toutes les souches sans exception (à la suite de trois passages) après 40 heures en moyenne (courbe 6). Enfin nous avons fait la contre-épreuve suivante : prélevant une culture de B. para B cultivé plusieurs fois dans le milieu avec le *d*-arabinose, l'on fait une culture sur gélose, puis on passe trois fois dans des milieux avec *l*-arabinose, l'on repique ensuite sur gélose

---

(1) Produits de la maison Hoffmann-Laroche, Paris.

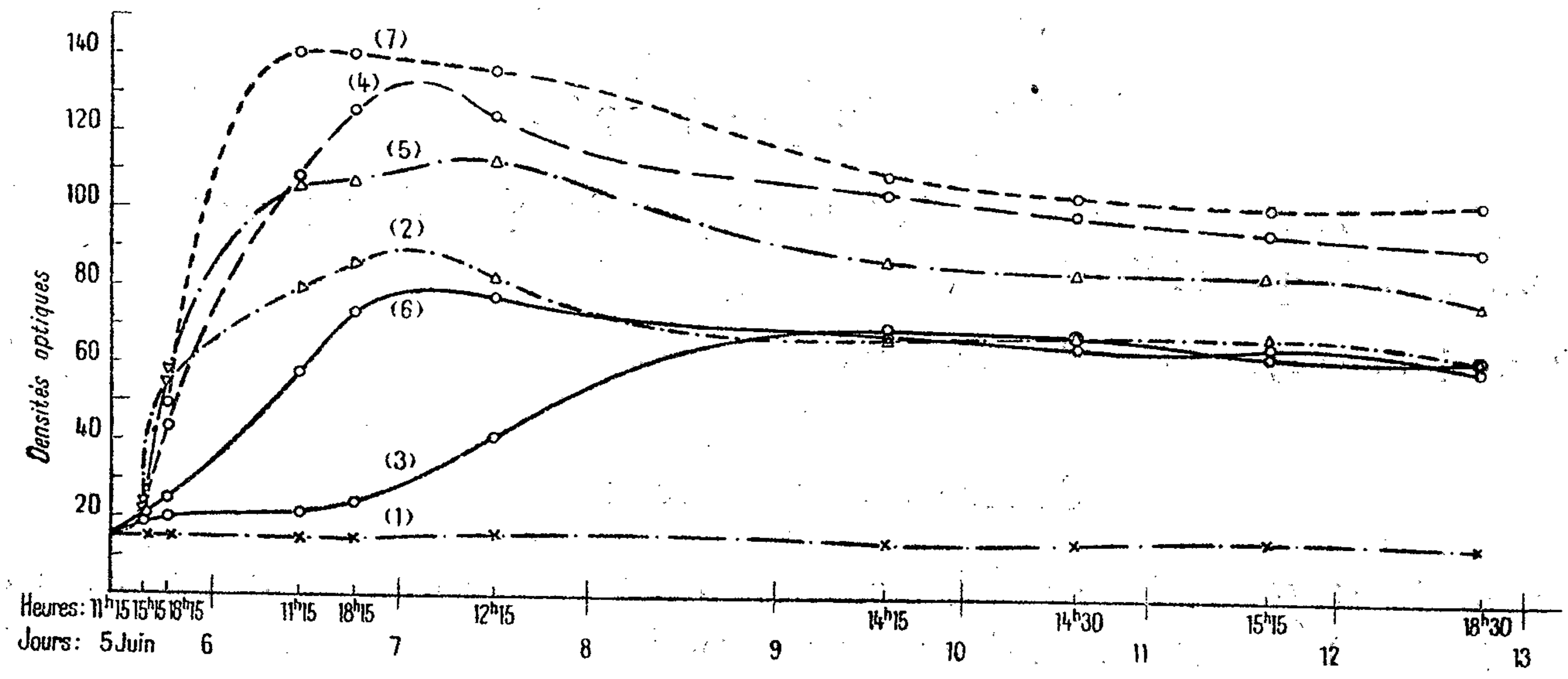
(2) Séance du 28 juillet 1947.

(3) Souches de l'Institut Pasteur de Paris.

(4) J. Nicolle, *Comptes rendus*, 218, 1944, p. 482.

(5) A. Lwoff, F. Nitti et Mme Tréfouël, *Ann. Institut Pasteur*, Paris, 67, 1941, p. 177.

et l'on ensemence à nouveau le milieu synthétique contenant le *d*-arabinose; on constate après 24 heures une abondante croissance microbienne et une croissance totale en 40 heures environ, ce qui montre que le bacille a gardé ses propriétés qu'il avait acquises précédemment vis-à-vis du *d*-arabinose.



Souche initiale { (1) Eau. (2) Glucose. (3) Arabinose *d*. (4) Arabinose *l*.

Souche accoutumée { (5) Glucose. (6) Arabinose *d*. (7) Arabinose *l*.

Conclusions. — *a*. En présence de *l*-arabinose comme aliment carboné, les bacilles, typhiques et paratyphiques A ne se distingueraient que par le léger trouble qui apparaît dans certaines souches du second.

b. Le paratyphique B, par contre, donne en présence de *l*-arabinose une courbe de croissance exponentielle normale. D'autre part, il a la propriété d'utiliser le *d*-arabinose et de donner une croissance de plus en plus rapide après plusieurs passages en milieu synthétique contenant le *d*-arabinose et de garder ensuite sa propriété; il utilise donc les deux antipodes optiques, mais avec des vitesses très différentes.

c. Mais il reste à savoir si nous avons affaire à une adaptation ou à une mutation.

La séance est levée à 15h 30m.

A. Lx.

ERRATA.

(Séance du 30 juin 1947.)

Note de M. *André Meyer* et Mlle *Geneviève Bouchet*, Sur quelques dérivés 4-aminés de la quinaldine.

Page 64, ligne 17, *au lieu de* morphine, *lire* morpholine.

(Séance du 21 juillet 1947.)

Note de M. *Gabriel Bertrand*, Démonstration biologique de la présence du magnésium et du potassium dans l'eau de pluie.

Page 170, ligne 19, *au lieu de* de pluie employée, *lire* distillée.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 18 AOUT 1947.

PRÉSIDENCE DE M. LOUIS BLARINGHEM.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. **Javillier** rend compte à l'Académie de la cérémonie d'inauguration du « Musée Claude-Bernard », constitué dans la maison natale de l'illustre savant à Saint-Julien-en-Beaujolais, hameau de Chatenay, par les soins du Syndicat d'initiative de Villefranche-sur-Saône. Il donne de ce Musée une rapide description, déplore les difficultés que sa constitution a rencontrées et souhaite que cette inauguration donne le signal d'un rassemblement de tous les objets ou documents qui puissent rappeler la mémoire du rénovateur de la Physiologie et de la Médecine expérimentale ([1]).

La physionomie du Maître, sa carrière, son œuvre scientifique ont été évoquées dans les discours de M. J. Guillermet, des Professeurs Cordier et Lacassagne et de M. Justin Godard. M. Javillier a exprimé lui-même son hommage à la mémoire du Maître et a ainsi associé l'Académie à cette Cérémonie en l'honneur d'un de ses illustres Membres.

EMBRYOGÉNIE VÉGÉTALE. — *Embryogénie des Papilionacées. Développement de l'embryon chez l'*Ulex europæus *L.* Note de M. **René Souèges**.

La tribu des Génistées paraît solidement établie; c'est l'une de celles qui sont le moins discutées; elle est admise par tous les systématiciens. Les caractères qui servent à la définir (feuilles simples ou digitées, étamines monadelphes, gousse membraneuse ∞ sperme) ne lui sont cependant pas exclusivement propres, car on les retrouve chez des espèces appartenant à d'autres tribus. En outre, tirés uniquement de la morphologie externe de l'adulte, ils n'ont assurément pas la valeur que l'on accorde en général aux données que fournit l'his-

---

([1]) Toutes pièces et informations doivent être envoyées à M. Jean Guillermet, Secrétaire général du Comité du Musée Claude-Bernard, 242, rue Nationale, à Villefranche-sur-Saône (Rhône).

toire du développement et qu'il est toujours désirable de faire intervenir à tous les degrés dans une classification naturelle. Or, ces données sont encore bien sommaires. Seule l'étude récente du *Genista tinctoria* (¹) a permis de déterminer, avec toute la précision nécessaire, les règles selon lesquelles procède la segmentation dans la cellule embryonnaire proprement dite, mère de l'embryon, et de montrer comment, en partant de cette cellule, arrivent à se constituer les régions fondamentales du corps de la plante. D'après les anciennes observations de L. Guignard (²), d'après ses dessins surtout, il apparaîtrait que ces règles, chez les espèces qu'il a examinées, ne s'écarteraient guère de celles qui ont été établies au sujet du *Genista*. Ces règles seraient-elles vraiment communes à toutes les espèces de la tribu ? Seraient-elles seulement générales et, dans ce cas, dans quelle mesure offriraient-elles des exceptions ? Autant de questions qu'il importe de résoudre en examinant le plus grand nombre possible d'exemples.

Chez l'*Ulex europæus*, comme chez le *Genista*, la cellule apicale et la cellule basale du proembryon bicellulaire, par divisions obliques, donnent une tétrade globuleuse comportant deux cellules supérieures juxtaposées inégales, *a* et *b* (*fig.* 1 à 3). Ces deux cellules se segmentent pour engendrer 4 quadrants disposés en tétraèdre (*fig.* 4 à 6); l'un de ces quadrants, celui du sommet, fonctionne comme une épiphyse, *e*. Les deux cellules inférieures de la tétrade se cloisonnent comme les deux cellules supérieures, plus irrégulièrement toutefois, pour donner également quatre éléments. En 6, on peut voir le proembryon octocellulaire qui résulte de ces divisions.

Les figures 7 à 10 montrent comment les 4 quadrants produisent 8 nouveaux éléments homologues d'octants. L'épiphyse qui s'est d'abord partagée, par une cloison voisine de la verticale, en deux cellules juxtaposées (*fig.* 7, 9, 10, 11), engendre plus tard, par division longitudinale de l'une d'elles, horizontale de l'autre, ainsi que le démontrent les deux figures 12 et 13, quatre nouveaux éléments. — Il est difficile d'assigner des règles précises aux processus de la segmentation dans les trois quadrants sous-épiphysaires ou dans les six blastomères auxquels ils ont donné naissance à la 4ᵉ génération cellulaire (*fig.* 10), les parois prenant des directions diversement inclinées et séparant des éléments dont il est impossible de déterminer le nombre et la position exacte. Les figures 10 à 16 donnent une idée de ces divisions. Dans la plupart des formes qui se rapportent à ces mêmes stades, on ne peut plus reconnaître avec certitude les limites du groupe cellulaire tirant origine de la cellule épiphysaire. Plus ou moins tard, entre le suspenseur et l'épiphyse, apparaissent ensuite des parois à direction transversale qui permettent de reconnaître les deux assises *pc* et *p'* (*fig.* 14 et 15) auxquelles donnent naissance les trois quadrants sous-épiphysaires.

L'assise *pc*, qui engendre la partie cotylée *sensu stricto*, vient se confondre dans la plupart des cas (*fig.* 16, 17, 18), à droite ou à gauche du sommet, avec le groupe épiphysaire. En 20 et 21 cependant, comme dans toutes autres coupes qui se montrent favorables, la séparation est très nette. Les portions centrales de cette assise fournissent les initiales du plérome de la tige; ses portions périphériques, en deux points diamétralement opposés, les méristèmes cotylédonaires. — Par division transversale de ses éléments, l'assise *p'*

(¹) R. Souèges, *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 79.

(²) *Ann. Sc. nat. Bot.*, 6ᵉ série, **12**, 1881, p. 75.

donne naissance à deux nouvelles assises *ph* et *h* (*fig.* 20, 21) aux dépens desquelles se développent la partie hypocotylée et un massif hypophysaire, selon des processus conformes à ceux qui ont été décrits au sujet du *Trifolium minus* et du *Genista tinctoria*. —

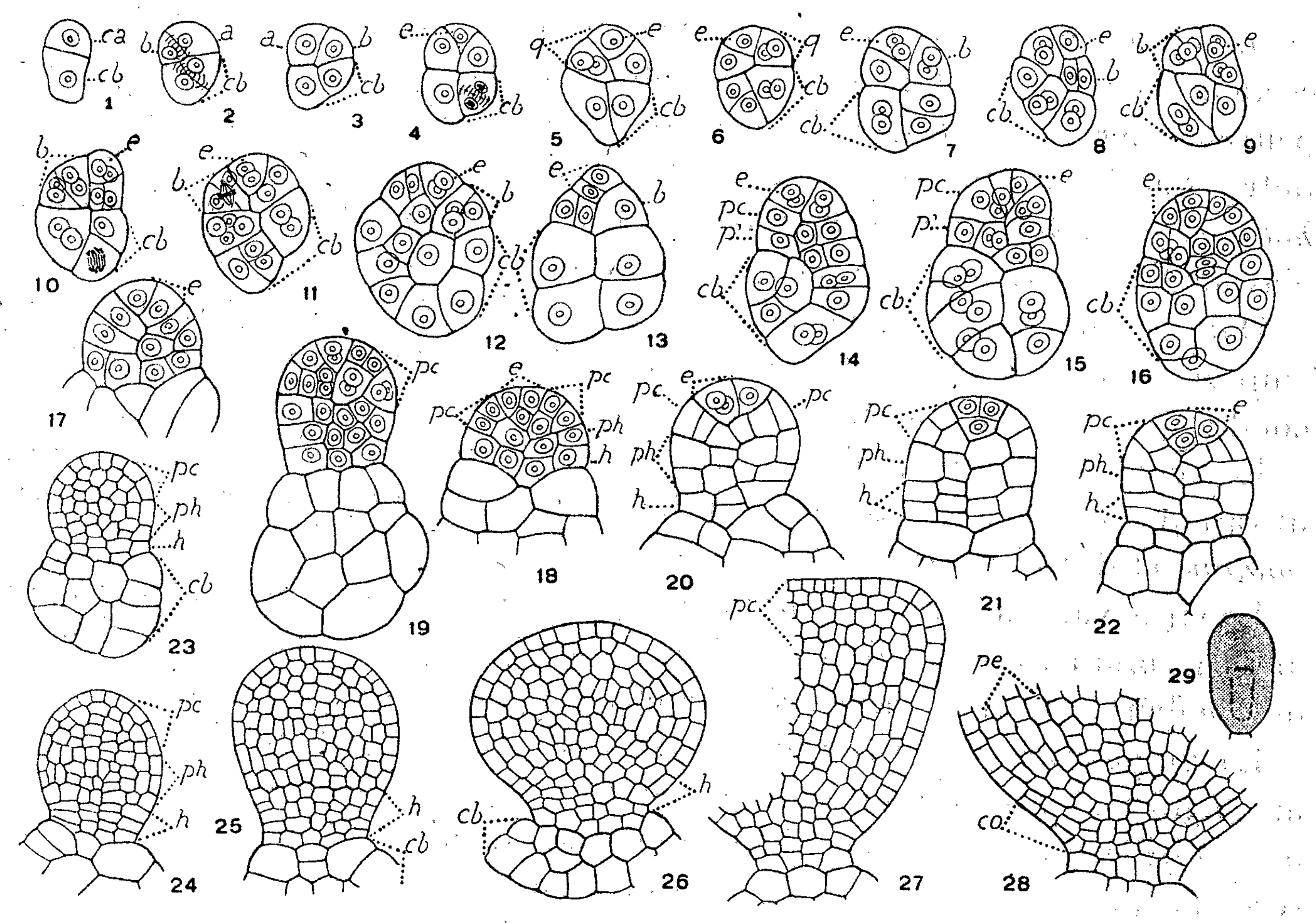


Fig. 1 à 29. — *Ulex europæus* L. — Les principaux termes du développement de l'embryon. *ca*, cellule apicale du proembryon bicellulaire; *cb*, cellule basale ou suspenseur proprement dit; *a* et *b*, cellules filles de *ca* ou groupes cellulaires qui en dérivent; *q*, quadrants; *e*, épiphyse; *pc*, partie cotylée *s. stricto*; *p'*, assise donnant la partie hypocotylée, *ph*, et la région hypophysaire, *h*; *pe*, périblème; *co*, portions latérales de la coiffe. En 12 et 13, deux coupes voisines d'un même proembryon. En 29, aspect général de l'embryon d'où est tiré le détail de la fig. 28. — G. = 290; 30 pour 29.

Bien avant l'apparition des protubérances cotylédonaires, toute trace de démarcation disparaît entre partie cotylée, partie hypocotylée et massif hypophysaire, les éléments constitutifs du corps embryonnaire affectant dans toutes les régions, à peu près mêmes dimensions et même disposition irrégulière. Les histogènes ne se montrent nettement séparés que lorsque les cotylédons ont atteint une taille assez avancée (*fig.* 28, 29).

Un suspenseur proprement dit, massif, aplati aux derniers termes du développement, tire origine de la seule cellule basale: ses éléments constitutifs, par leurs dimensions et leur chromaticité, se montrent généralement bien distincts des micromères entrant dans la construction de l'embryon.

En somme, on ne peut relever de différences essentielles dans les lois du développement entre le *Genista tinctoria* et l'*Ulex europæus*. Les deux espèces se rattachent, de manière évidente, au même type embryonomique, celui du *Trifolium minus*.

MICROBIOLOGIE. — *De l'action des complexes antagonistes sur le virus de la vaccine.* Note de MM. **Gaston Ramon** et **Rémy Richou**.

Dans une Note antérieure ([1]) nous avons fait connaître l'effet *inactivant* que certains complexes antagonistes ([2]), obtenus à partir des cultures de *B. subtilis*, peuvent exercer *in vitro* sur le virus de la vaccine. Nous avons indiqué, en outre, que les complexes antagonistes provenant des cultures de *Penicillium notatum* et d'*Actinomyces griseus*, dont nous nous étions servis jusque-là, n'avaient sur le virus jennerien qu'une influence difficilement appréciable.

Dans de nouveaux essais nous avons repris l'étude de cette question en employant des complexes de source différente et en faisant varier certaines des conditions expérimentales.

Les complexes antagonistes sont retirés comme d'ordinaire, par simple filtration sur bougie de porcelaine L3, des cultures de *B. subtilis*, de *Penicillium notatum* et d'*Actinomyces griseus*.

Le virus vaccinal (récolté chez la Génisse) est celui qui sert à la vaccination anti-variolique. La technique suivie est, dans ses grandes lignes, celle mise en œuvre dans nos expériences précédentes. Nous la rappellerons succinctement.

La pulpe vaccinale est diluée dans l'eau physiologique. On prépare des mélanges renfermant des proportions diverses de la dilution de la pulpe vaccinale et du filtrat qui contient le complexe antagoniste à étudier; pour chaque série d'expériences, on prépare en outre un mélange témoin contenant la même quantité de dilution de pulpe vaccinale, mais dans lequel le filtrat est remplacé par un égal volume d'eau physiologique ou de milieu servant habituellement à l'obtention du filtrat. Au bout d'un temps variable d'exposition, à l'étuve ou encore à la température du Laboratoire, ces mélanges sont éprouvés chez le Lapin. Dans ce but, après avoir rasé sur une grande étendue la peau de deux lapins (blancs), on délimite sur la surface rasée quatre aires de 5 sur 5^{cm} de côté, on étale sur chacune d'entre elles 1/3 cm^3 de chaque mélange respectivement; on effectue ensuite une série de grattages superficiels avec l'extrémité d'une pipette. Si la suspension vaccinale témoin est suffisamment active, on doit observer, à partir du quatrième jour après l'opération, une éruption avec de très nombreuses pustules confluentes sur l'aire qui lui correspond. On note alors, par comparaison, les constatations faites sur les autres aires: absence ou présence d'éruption, nombre de pustules, etc.

([1]) *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 1407.

([2]) Rappelons que nous avons donné le nom de *complexes antagonistes* aux filtrats de cultures microbiennes qui, en dehors des principes antibiotiques proprement dits : pénicilline, streptomycine, subtiline, etc., peuvent renfermer des principes antidotiques, virulicides, diastasiques, que nous avons mis en évidence ces temps derniers. (Voir *Comptes rendus*, 1944, 1945, 1946, 1947) et sans doute d'autres principes encore.

Nous avons enregistré dans un tableau les indications concernant quelques-uns de nos essais (proportion des mélanges de vaccin et de complexe antagoniste, titre en unités antibiotiques et antidotiques de ce dernier, etc.), avec les résultats qu'ils ont fournis.

Proportion des mélanges.	Temps et température d'exposition des mélanges.	Valeur du complexe en unités anti-biotiques.	Valeur du complexe en unités anti-dotiques.	Nombre de pustules. 1er lapin.	Nombre de pustules. 2e lapin.
		A. *Complexes du* B. subtilis.			
1 $^{cm^3}$ vaccine au 1/10.... 9 $^{cm^3}$ complexe n° 55....	24 h à 37°	8	40	0	4
1 $^{cm^3}$ vaccine au 1/10.... 9 $^{cm^3}$ complexe n° 76....	»	0	350	5	6
1 $^{cm^3}$ vaccine au 1/10.... 9 $^{cm^3}$ complexe n° 60....	»	0	2	0	4
1 $^{cm^3}$ vaccine au 1/10.... 9 $^{cm^3}$ milieu Sauton.....	»	–	–	innombrables	innombrables
		B. *Complexes du* Penicillium.			
1 $^{cm^3}$ vaccine au 1/10.... 9 $^{cm^3}$ complexe *a*.......	24 h à 37°	400	0	innombrables	innombrables
1 $^{cm^3}$ vaccine au 1/10.... 9 $^{cm^3}$ complexe *b*.......	»	100	15	nombreuses	25
1 $^{cm^3}$ vaccine au 1/10.... 9 $^{cm^3}$ complexe *d*.......	»	60	6	4	10
1 $^{cm^3}$ vaccine au 1/10.... 9 $^{cm^3}$ eau physiologique..	»	–	–	innombrables	innombrables
		C. *Complexes de l'*Actinomyces griseus.			
1 $^{cm^3}$ vaccine au 1/50.... 1 $^{cm^3}$ complexe n° 5.....	24 h à 37°	16	5	0	0
1 $^{cm^3}$ vaccine au 1/50.... 1 $^{cm^3}$ complexe n° 5.....	6 h à 37°	16	5	8	10
1 $^{cm^3}$ vaccine au 1/50.... 1 $^{cm^3}$ complexe n° A4...	»	16	50	20	12
1 $^{cm^3}$ vaccine au 1/50.... 1 $^{cm^3}$ complexe n° A4...	»	16	50	innombrables	innombrables
1 $^{cm^3}$ vaccine au 1/50.... 1 $^{cm^3}$ complexe n° 6.....	24 h à 37°	16	90	assez nombr.	8
1 $^{cm^3}$ vaccine au 1/50.... 1 $^{cm^3}$ complexe n° 6.....	6 h à 37°	16	90	nombreuses	nombreuses
1 $^{cm^3}$ vaccine au 1/50.... 1 $^{cm^3}$ eau physiologique..	24 h à 37°	–	–	innombrables	innombrables

De l'examen de ce tableau, comme de l'ensemble de nos recherches en ce domaine et compte tenu de la légère diversité de réaction d'un lapin à l'autre, il ressort que les complexes antagonistes étudiés et qui proviennent de la culture soit du *B. subtilis*, soit du *Penicillium notatum*, soit de l'*Actinomyces griseus*,

ont en grande majorité, à l'égard du virus vaccinal, un effet inactivant, très net, bien que variable dans son importance suivant la variété et l'origine des germes qui ont provoqué l'apparition et le développement des complexes dans les milieux de culture, suivant les modes de végétation de ces germes, etc. En général, l'effet inactivant est plus marqué pour les complexes issus des cultures du *B. subtilis* que pour ceux en provenance du *Penicillium notatum* et de l'*Actinomyces griseus*. Pour un même complexe, son influence sur le virus de la vaccine est, dans une certaine mesure, fonction de la température et du temps d'action, ce qui tend à confirmer l'opinion que nous avons émise dès nos premières constatations, à savoir que le principe inactivant paraît être de nature enzymatique. Ainsi qu'il a déjà été signalé, il ne semble pas y avoir de relations directes entre, d'une part, les propriétés antibiotiques, antidotiques et, d'autre part, les propriétés qui permettent aux complexes antagonistes d'inactiver les virus, tels que le virus de la vaccine alors que, rappelons-le, dans des conditions analogues, la pénicilline, par exemple, n'a pas d'action sur ce virus non plus que sur d'autres ultra-virus.

ÉLASTICITÉ. — *Sur la fréquence fondamentale des membranes vibrantes et la résistance élastique des tiges à la torsion.* Note de M. **George Polya**.

1. Soit $\mathcal{D}$ un domaine plan limité par une seule courbe $\mathcal{C}$. Nous considérerons $\mathcal{D}$ tantôt comme la position d'équilibre d'une membrane uniforme fixée le long de $\mathcal{C}$, tantôt comme la section droite d'un cylindre élastique homogène et isotrope. Soient A l'aire de $\mathcal{D}$, I son moment d'inertie polaire par rapport au centre de gravité, Λ la fréquence fondamentale de la membrane et M la résistance élastique du cylindre à la torsion. En calculant Λ et M, nous supposons que certaines constantes physiques sont égales à l'unité. La définition analytique qui suit ne laissera aucune ambiguïté et indiquera une analogie fertile entre Λ^2 et M^{-1}.

2. Soit f une fonction arbitraire (ne satisfaisant qu'à certaines conditions générales) définie dans $\mathcal{D}$ et s'annulant sur $\mathcal{C}$. Alors

$$\frac{\iint (f_x'^2 + f_y'^2)\, dx\, dy}{\iint f^2\, dx\, dy} \geqq \Lambda^2, \qquad \frac{\iint (f_x'^2 + f_y'^2)\, dx\, dy}{\left(\iint f\, dx\, dy\right)^2} \geqq \frac{4}{M}, \tag{1}$$

$\mathcal{D}$ étant le domaine d'intégration. Le cas d'égalité pouvant être atteint, les relations (1) déterminent Λ et M d'une manière univoque. Si le cas d'égalité se présente dans la première relation (1), $f = c\,U$, où c est une constante, $U > 0$ à l'intérieur de $\mathcal{D}$ et y satisfait à l'équation

$$\nabla^2 U + \Lambda^2 U = 0.$$

Si nous avons égalité dans la seconde relation (1), $f = cV$, $V > 0$ à l'intérieur de $\mathcal{D}$ et

$$\nabla^2 V + 1 = 0.$$

3. La symétrisation de $\mathcal{D}$ par rapport à la droite d est l'opération géométrique imaginée par Jacob Steiner qui change $\mathcal{D}$ en un domaine $\mathcal{D}^\star$ symétrique par rapport à d; si p est une droite quelconque perpendiculaire à d, l'intersection de p avec $\mathcal{D}^\star$ ne forme qu'un seul segment et est égale en longueur à l'intersection de p avec $\mathcal{D}$. *La symétrisation par rapport à une droite quelconque ne change pas* A, *diminue* I *et* Λ *et augmente* M. Ce qui concerne I dans cet énoncé est immédiat quoiqu'il paraisse nouveau. Le résultat concernant Λ a été démontré récemment par M. G. Szegö et l'auteur (¹), et cette démonstration, grâce à l'analogie mentionnée, peut être appliquée aussi au cas de M. On en déduit aisément que de tous les prismes triangulaires dont la section droite a une aire donnée, celui dont la section est équilatérale oppose la plus grande résistance à la torsion. La proposition analogue relative aux quadrilatères peut aussi être déduite par symétrisation, mais pas celle relative aux pentagones. Mais on peut déduire rigoureusement que *la section circulaire offre la plus grande résistance à la torsion pour une quantité donnée de matière*, proposition pressentie mais non démontrée par de Saint-Venant (²).

4. On déduit des définitions données au numéro 2 que

$$\Lambda^2 M < 4A. \tag{2}$$

Soit $\mathcal{D}$ divisé en deux domaines $\mathcal{D}_1$ et $\mathcal{D}_2$ qui ont une ligne frontière commune, mais ne s'empiètent pas l'un sur l'autre, et désignons par A_1, I_1, Λ_1, M_1 et A_2, I_2, Λ_2, M_2 les quantités qui sont liées à $\mathcal{D}_1$ et $\mathcal{D}_2$ respectivement comme A, I, Λ, M sont à $\mathcal{D}$. Alors

$$A_1 + A_2 = A, \qquad I_1 + I_2 < I, \qquad M_1 + M_2 < M. \tag{3}$$

Les deux premières relations ne figurent ici que pour illustrer la troisième.

5. Nous examinerons les formules approchées

$$\Lambda^2 \sim \frac{12\pi^2 I}{A^3}, \qquad M \sim \frac{A^4}{4\pi^2 I}. \tag{4}$$

La seconde est due à de Saint-Venant et la première est suggérée par l'analogie entre Λ^2 et M^{-1}. Voici ce qu'on peut dire en faveur de ces formules. D'abord, la seconde devient exacte si $\mathcal{D}$ est une ellipse quelconque, et la première si $\mathcal{D}$ est un rectangle quelconque ou, chose curieuse, un triangle équilatéral. Puis, d'après ce que nous avons vu, la symétrisation fait varier les deux membres dans le même sens. Enfin, on peut démontrer que, *si $\mathcal{D}$ est*

(¹) *American Journal of Mathematics*, **67**, 1945, pp. 1-32.

(²) Mémoires présentés par divers savants à l'Académie des Sciences, **14**, 1856, pp. 235-560. Voir pp. 526-527.

convexe, le quotient des deux membres est compris entre deux bornes finies et positives. Pour démontrer ceci, j'ai considéré le plus petit rectangle et la plus petite ellipse qui contiennent un domaine convexe donné, et aussi le plus grand rectangle et la plus grande ellipse qui y sont contenus, et ai établi quatre lemmes dont voici le plus simple : *Un domaine convexe quelconque $\mathcal{D}$ est contenu dans un rectangle dont l'aire n'est pas supérieure au double de l'aire de $\mathcal{D}$*. Il en résulte que, pour un domaine convexe,

$$\Lambda^2 > \frac{1}{8}\,\frac{12\pi^2 I}{A^3}.$$

CORRESPONDANCE.

M. **George Polya**, élu Correspondant pour la Section de Géométrie, adresse ses remercîments à l'Académie.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Antoine-Laurent Lavoisier, 26 *August* 1743-8 *May* 1794, by Sir Harold Hartley. Extrait des *Proceedings of the Royal Society*.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur certaines généralisations des séries de Taylor*. Note (1) de M. **André Roussel**, transmise par M. Élie Cartan.

Soit $g(x, y, h, k)$ une fonction des quatre variables complexes x, y, h, k, nulle pour h et k simultanément nuls, et holomorphe dans le domaine constitué par l'ensemble de quatre cercles C_1, C_2, C_3, C_4, de rayons R_1, R_2, R_3, R_4, tracés respectivement dans les plans complexes : (x) pour C_1, avec un point d'affixe a comme centre, (y) pour C_2 avec un point d'affixe b pour centre, (h) pour C_3 avec le point d'affixe zéro pour centre, (k) pour C_4 avec le point d'affixe zéro pour centre. Considérons une suite double, dont le terme général $\varphi_{m,n}(x, y, h, k)$ se déduit de $g(x, y, h, k)$ de la façon suivante :

1. Si m est positif, on intègre $g(x, y, h, k)$ m fois de suite par rapport à h, de zéro à h, puis l'on dérive m fois par rapport à x. Si m est négatif, on intègre $g(x, y, h, k)$ m fois de suite par rapport à x de a à x, puis l'on dérive m fois par rapport à h.

2. Si n est positif, on intègre n fois de suite par rapport à k, de zéro à k, le résultat obtenu au paragraphe ci-dessus, puis l'on dérive n fois par rapport à y.

Si n est négatif, on intègre n fois de suite par rapport à y, de b à y, le résultat obtenu paragraphe 1, puis l'on dérive n fois par rapport à k.

(1) Séance du 11 août 1947.

Si l'un des indices m ou n est nul, on n'effectue aucune opération sur le couple (x, h) ou (y, k) correspondant.

Peu importe d'ailleurs l'ordre dans lequel sont effectuées les opérations indiquées ci-dessus.

Posons alors

$$g_{0,0}(x, y, h, k) = g(x, y, h, k),$$
$$g_{m,n}(x, y, h, k) = \varphi_{m,n}(x, y, h, k) - \varphi_{m,n}(x, y, 0, 0).$$

On démontre le théorème suivant, dont nous ne pouvons indiquer ici la démonstration faute de place :

Si x, y, h, k vérifient simultanément les inégalités

$$|x-a|+|h|<\rho; \qquad |y-b|+|k|<\rho,$$

où ρ désigne un nombre positif inférieur au plus petit des quatre nombres R_1, R_2, R_3, R_4, la série

$$\sum_{m=-\infty}^{m=+\infty}\sum_{n=-\infty}^{n=+\infty} g_{m,n}(x, y, h, k) - \sum_{m=-\infty}^{m=+\infty} g_{m,0}(x, y, h, 0) - \sum_{n=-\infty}^{n=+\infty} g_{0,n}(x, y, 0, k)$$

est absolument et uniformément convergente. Sa somme a pour valeur

$$f(x+h, y+k) - f(x, y),$$

en posant

$$f(x, y) = g(a, b, x-a, y-b) + \int_0^{x-a} g'_x(x-t, b, t, y-b)\,dt$$
$$+\int_0^{y-b} g'_y(a, y-t, x-a, t)\,dt + \int_0^{x-a} dt\int_0^{y-b} g''_{xy}(x-t, y-\tau, t, \tau)\,d\tau.$$

En prenant, par exemple,

$$g(x, y, h, k) = F'_x(x, y)\,h + F'_y(x, y)\,k$$

ou bien

$$g(x, y, h, k) = F''_{xy}(x, y)\,hk,$$

la fonction $F(x, y)$ étant dans les deux cas holomorphe dans C_1, C_2, l'on retrouve en appliquant le théorème précédent, et après quelques transformations simples, le développement classique en série de Taylor de l'accroissement de la fonction $F(x, y)$, soit

$$F(x+h, y+k) - F(x, y).$$

Nous avons considéré ici seulement deux variables x et y, les deux autres h et k étant finalement envisagées comme les accroissements respectifs des premières, mais le théorème énoncé dans cette Note peut s'étendre facilement au cas d'un nombre quelconque de variables.

PHOTOPHORÈSE. — *Remarques théoriques sur la photophorèse et les mouvements en hélice.* Note [1] de M. **Pierre Tauzin**, transmise par M. Aimé Cotton.

On sait que les particules en suspension dans l'air décrivent, sous l'action d'un faisceau lumineux intense, des mouvements qui, en première approximation, paraissent rectilignes; mais une étude plus attentive montre que ces mouvements, toujours légèrement perturbés par le mouvement brownien, comportent souvent une rotation plus ou moins rapide de la particule qui décrit alors, non pas une ligne droite, mais une hélice.

Ehrenhaft [2] a cherché à expliquer ces mouvements de rotation en les comparant aux phénomènes d'enroulement des trajectoires des rayons cathodiques autour du champ magnétique. Je me propose de montrer ici que, du point de vue de la mécanique rationnelle, une force qui produit le mouvement circulaire d'une particule ultramicroscopique dans le vide, ne peut plus produire un mouvement circulaire lorsque la particule est dans l'air.

Supposons d'abord, avec Ehrenhaft, qu'il existe dans un faisceau lumineux homogène un champ magnétique Z parallèle à la direction de propagation. Une particule électrisée, de charge c, éclairée par ce faisceau, et lancée dans le vide avec une vitesse initiale perpendiculaire au champ $\vec{Z}$, subit la force de Laplace

$$\text{F} = c\vec{v} \wedge \vec{z}. \tag{1}$$

Elle décrit bien, d'un mouvement uniforme, un cercle dont l'axe est parallèle au champ Z. Nous allons voir que ce mouvement ne peut pas subsister dans l'air, du fait qu'il faut alors tenir compte de la force de résistance f de cet air, donnée, en supposant la particule sphérique, par la formule

$$f = -6\pi\eta a\vec{v} = -k\vec{v}. \tag{2}$$

Le mouvement se produit dans un plan perpendiculaire au vecteur Z. Prenons, dans ce plan, deux axes de coordonnées rectangulaires Ox, Oy. Les équations différentielles du mouvement sont :

$$m\frac{d^2x}{dt^2} = cZ\frac{dy}{dt} - k\frac{dx}{dt}, \tag{3}$$

$$m\frac{d^2y}{dt^2} = -cZ\frac{dx}{dt} - k\frac{dy}{dt}. \tag{4}$$

---

[1] Séance du 4 août 1947.

[2] Ehrenhaft, *The mouvement of Solid bodies in sunligh* (*Bulletin of the American Physical Society*, 9-10, novembre 1945).

L'intégrale générale a la forme classique

$$x = e^{-\frac{kt}{m}}\left(C_1 \cos\frac{cZ}{m}t + C_2 \sin\frac{cZ}{m}t\right) + C_3,$$

$$y = e^{-\frac{kt}{m}}\left(C_2 \cos\frac{cZ}{m}t - C_1 \sin\frac{cZ}{m}t\right) + C'_3,$$

C_1, C_2, C_3, C'_3 étant des constantes.

Examinons le cas d'une particule de fer de diamètre 1^{μ}. L'exponentielle, dont le coefficient est $-k/m = -42230$, décroît rapidement; au bout de 1/10000 de seconde, sa valeur n'est plus que 1/68. Il en résulte que la particule ne décrit plus un cercle, comme dans le vide, mais une spirale plane à spires de plus en plus petites; elle se rapproche très rapidement de la position dont les coordonnées sont $x = C_3$, $y = C'_3$.

On pourrait toutefois arriver à expliquer le mouvement circulaire de la particule précédente dans l'air en faisant intervenir la force de Laplace F. Il faudrait admettre, pour cela, que cette force représente, non plus l'action du rayonnement, mais la force totale (action du rayonnement et résistance de l'air) agissant sur la particule. Comme la résistance de l'air est égale à $-6\pi\eta\,\overrightarrow{av}$, on doit supposer que l'action du rayonnement proprement dit n'est plus la force F, mais la force $F' = F + 6\pi\eta\,\overrightarrow{av}$. Quel serait le mouvement de la particule soumise à une telle force F' dans le vide? Il s'obtient en changeant k en $-k$ dans les équations (3) et (4). On voit que, au bout de 1/10000 de seconde, l'exponentielle a déjà la valeur 68. Le point ne décrit plus un cercle, comme dans l'air, mais une spirale plane à spires de plus en plus grandes. Il va très rapidement à l'infini. Pratiquement, il doit atteindre instantanément le bord du faisceau.

Tout ce qui précède reste encore valable si l'on suppose que la particule en mouvement porte, au lieu d'une charge électrique, une charge magnétique unipolaire, tout en étant soumise, de la part de la lumière, à un champ électrique. D'une façon plus générale, les conclusions précédentes subsistent encore, si la particule subit l'action d'une force Φ, qui lui fait décrire un mouvement circulaire uniforme dans le vide.

En résumé, admettons que la lumière soit capable de produire le mouvement circulaire d'une particule ultramicroscopique dans le vide. Ce mouvement ne peut demeurer tel quel dans l'air, que si l'action de la lumière est augmentée d'un terme $6\pi\eta\,\overrightarrow{av}$, fonction essentiellement des propriétés de l'air. Ceci semble indiquer que l'air joue un rôle dans la production des hélices qui accompagnent la photophorèse. L'expérience devra trancher en dernier ressort.

GÉOPHYSIQUE. — *Le spectre de l'hélium dans l'aurore boréale.* Note (¹) de M. **René Bernard**, présentée par M. Jean Cabannes.

L'observation (²) de certaines radiations attribuables à la série de Balmer dans le spectre des aurores m'a incité à y rechercher les radiations caractéristiques de l'atome neutre d'hélium HeI. A cet effet, j'ai réuni dans un tableau les longueurs d'onde des premières raies de chaque série spectrale de l'atome HeI, en les faisant suivre des radiations aurorales observées par L. Vegard. Deux de celles-ci seulement, $\lambda = 4026$ Å et $\lambda = 4009$ Å sont attribuées par cet auteur à HeI, ce qui ne suffit évidemment pas pour démontrer la présence de l'hélium. En effet, ou bien ces deux coïncidences sont fortuites, ou bien si elles ne le sont pas, les radiations caractéristiques du spectre HeI doivent être observables avec une intensité nettement supérieure.

Après avoir effectué des mesures de longueurs d'onde, tant au comparateur sur quelques spectrogrammes intenses qu'à l'aide du microphotomètre enregistreur pour les plus faibles, j'ai constaté des coïncidences de longueur d'onde trop nombreuses pour qu'elles soient le simple fait du hasard.

Dans le but de rechercher si les intensités relevées sur les spectres d'aurores pour les radiations attribuables à HeI étaient en harmonie avec l'interprétation proposée, j'ai photographié le spectre HeI excité par choc électronique, sans rien changer aux autres conditions expérimentales (spectrographe, qualité de l'émulsion, température et durée du développement). Les potentiels d'excitation choisis furent respectivement de 40, 30 et 28 volts.

J'ai réuni le résultat de ces observations dans le tableau ci-contre. Son examen met en évidence les points suivants :

1° Dans les limites imposées par la sensibilité des plaques photographiques et la transparence du spectrographe, toutes les radiations HeI observables ont été effectivement observées;

2° Les intensités appréciées sur les spectres d'aurores sont comparables à celles des radiations HeI excitées par le choc électronique sous 30 volts environ;

3° La radiation $\lambda = 7065{,}5$ Å, HeI($2p\,^3P - n\,^3S$), pour laquelle mes plaques n'étaient pas sensibles (Agfa ISS), n'a pas été observée, la longueur d'onde figurant sur le tableau est celle donnée par L. Vegard $\lambda = 7068$ Å. La même remarque s'applique à $\lambda = 6678$ Å et $\lambda = 7281$ Å.

(¹) Séance du 28 juillet 1497.

(²) L. Vegard, *Geof. Publ.*, Vol. XII, 14, 1940; *Geof. Publ.*, Vol. XIII, 5, 1942.

TABLEAU.

Série He I.	λ calculée.	λ observée aurore (Bernard).	Intensités aurore.	Intensités choc électronique. 40 v.	30 v.	28 v.	Observations.
Triplets $2s^3S-np^3P$	10 830,3	?	?	0	**0**	0	?
	3 888,6	?	?	15	**20**	15	pas observable Blend $N_2^+(0,0)$ et 1,1)
	3 187,7	?	?	0	**0**	0	
Triplets $2p^3P-nd^3D$	5 876	5 877	**6**	5	**7**	6	
	4 471,5	4 472	**10**	7	**10**	10	
	4 026	4 026	**4**	2	**4**	1	
	3 820	3 820	**1**	0	**1**	0	OII $\left(3p^2P^{\frac{1}{2}}-4s^2P^{\frac{1}{2}}\right)$ (3 821,7) Vegard
	3 705		**0**	0	**0**	0	
	3 634		**0**	0	**0**	0	
Triplets $2p^3P-n^3S$	10 830	?	?	?	?	?	
	7 065,5	7 068 (V)	**0**	0	**0**	0	7068 (Vegard) N_2(IP) (8,6)
	4 713	4 710	Blend	5	**9**	9	N_2^+
	4 121	4 122	**5**	3	**5**	5	
	3 867,5		**0**	0	**0**	0	
Simplets $2s^1S-np^1P$	20 581	?	?	?	?	?	
	5 015,7	5 016	**12**	15	**10**	8	5 006,8 OIII ($^1D_2-^2P_2$) Vegard)
	3 964,7	3 965	**6**	8	**4**	2	OIII (3 961,6) Vegard
	3 613,6	3 613	**2**	0	**0**	0	
	3 447,6	3 447	**1**	0	**0**	0	
Simplets $2p^1-n^1D$	6 678,1	6 682 (V)	**0**	0	**0**	0	Blend N_2(IP) (4,1) et (11,9)
	4 921,9	4 922	**5**	7	**5**	4	
	4 387,9	4 388	**4**	5	**5**	4	4 387,0 (Vegard) interprété O (4 386,3)
	4 143,7	4 144	**1**	0	**1**	0	Blend possible N_2(2 P) (3,7) et N_2^+(5,4) et N_2(A→X)
	4 009,3	4 010	**1**	0	**0**	0	4 011,3 (Vegard) He I
Simplets 2^1P-n^1S	20 581	?	**0**	0	**0**	0	
	7 281	?	**0**	0	**0**	0	— blend N_2(IP) (6,4)
	5 047,7	5 048	**1**	1	**1**	0	
	4 437,5	4 439	**4**	4	**4**	3	— 4 432,7 NII (Vegard)
	4 169		**0**	0	**0**	0	

L'observation de ces trois radiations est de toutes façons rendue très difficile par la superposition des bandes du premier système positif de l'azote N_2 (^1P) généralement très intenses; la non-observation de ce domaine spectral ne peut donc guère modifier les conclusions tirées du reste du spectre.

Le système des triplets ($2s^3S-np^3P$) n'a pas été non plus observé, la seule radiation observable de cette série $\lambda=3888,6$ Å étant complètement voilée par la proximité des fortes bandes négatives de l'azote $N_2^+(0,0)$ et (1,1), $\lambda=3914$ Å et $\lambda=3885$ Å.

Une attention toute particulière a été apportée à la radiation $\lambda=5015,8$ Å. La valeur $\lambda=5016$ Å indiquée pour sa longueur d'onde dans l'aurore résulte de la moyenne obtenue sur 15 mesures. Un seul pointé a donné $\lambda=5007$ Å, les

autres valeurs étaient comprises entre 5012 et 5020 Å. Cette bonne coïncidence des longueurs d'onde justifie l'attribution de cette radiation à la transition HeI ($2s\,^1S - 3p\,^1P$). Au total il ressort de la discussion du tableau que le spectre HeI est bien représenté dans l'aurore boréale. L'intensité de ces radiations est du même ordre de grandeur que celle des bandes de Vegard-Kaplan.

CYTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Recherches caryologiques sur quelques* Pinguicula. Note (¹) de M. **Edmond Doulat**, présentée par M. René Souèges.

Peu d'études caryologiques ont été consacrées au genre *Pinguicula*. A notre connaissance, seule la structure nucléaire du *P. vulgaris* L. a été observée et les descriptions sont d'ailleurs contradictoires. Rosenberg (1909) et Conard (1940) font mention, en effet, de noyaux à prochromosomes (= euchromocentres), tandis que Gosselin (1947) attribue aux noyaux une structure réticulée à chromocentres. Les résultats de la numération des chromosomes sont eux aussi peu concordants. Alors que Rosenberg et Conard indiquent pour *P. vulgaris* un nombre diploïde d'environ 50 chromosomes, A. et D. Löve (1944, p. 14), en comptent 64. Des observations antérieures nous ayant montré que certaines plantes alpines des Alpes occidentales possèdent un nombre chromosomique différent de celui des espèces de Scandinavie (²), il nous a paru intéressant de reprendre l'étude des *Pinguicula vulgaris* L., *P. alpina* L., étude à laquelle nous avons ajouté celle des *P. grandiflora* Lam., *P. longifolia* Ram. var. *Reichenbachiana* (Schindl.) Rouy, non encore effectuée jusqu'ici. Le matériel utilisé consiste en extrémités de jeunes racines fixées *in situ* aux liquides de Benda-de Zeeuw et de Helly. Les coupes ont été colorées par la méthode de Feulgen avec post-coloration au vert lumière.

Les noyaux interphasiques et quiescents des *P. vulgaris*, *alpina*, *grandiflora* et *longifolia* var. *Reichenbachiana* possèdent une structure euchromocentrique (*fig.* 1 à 4). Les euchromocentres ont la forme de corpuscules homomorphes à contour circulaire ou ovoïde; ils sont fortement colorés en un rouge violet intense. De taille variable, ils sont toujours disposés à la périphérie d'un nucléoplasme sans structure visible. Leur numération est rendue difficile par suite de la présence de nombreuses mitochondries dans le cytoplasme. Il est possible d'apercevoir, surtout dans le matériel fixé au Helly, quelques amas à contours parfois irréguliers présentant la coloration des euchromocentres. En

---

(¹) Séance du 4 août 1947.

(²) En prenant comme nombre de base $x = 12$, nous avons constaté (*Comptes rendus*, **222**, 1945, p. 1512) que le *Bartsia alpina* L. du Lautaret est triploïde (36 chr.), alors que l'espèce scandinave est diploïde ($2n = 24$). *Le Plantago alpina* L. du Lautaret a $2n = 12$ chromosomes (*Thèse*, Grenoble, 1943), tandis que l'espèce scandinave en possède 24 [Heitz (1927), d'après A. et D. Löve (1942)]. Remarquons toutefois que nous avons observé $2n = 12$ chez un *P. alpina* provenant du Jardin botanique de Mourmansk.

faisant varier la mise au point, il est aisé de se rendre compte que ces amas proviennent de la juxtaposition plus ou moins complète d'euchromocentres placés dans des plans différents. Ils n'ont rien de commun avec « les plaques Feulgen-positif » décrites par Conard chez le *P. vulgaris* et que nous n'avons pas observées dans notre matériel. Un nucléole volumineux occupe le centre du noyau.

Les euchromocentres semblent évoluer au cours de la mitose suivant le schéma que nous avons indiqué en 1943 ([3]). Pendant la prophase, ils prennent l'aspect de bâtonnets un peu allongés (*fig.* 2) qui se raccourcissent par la suite, pour

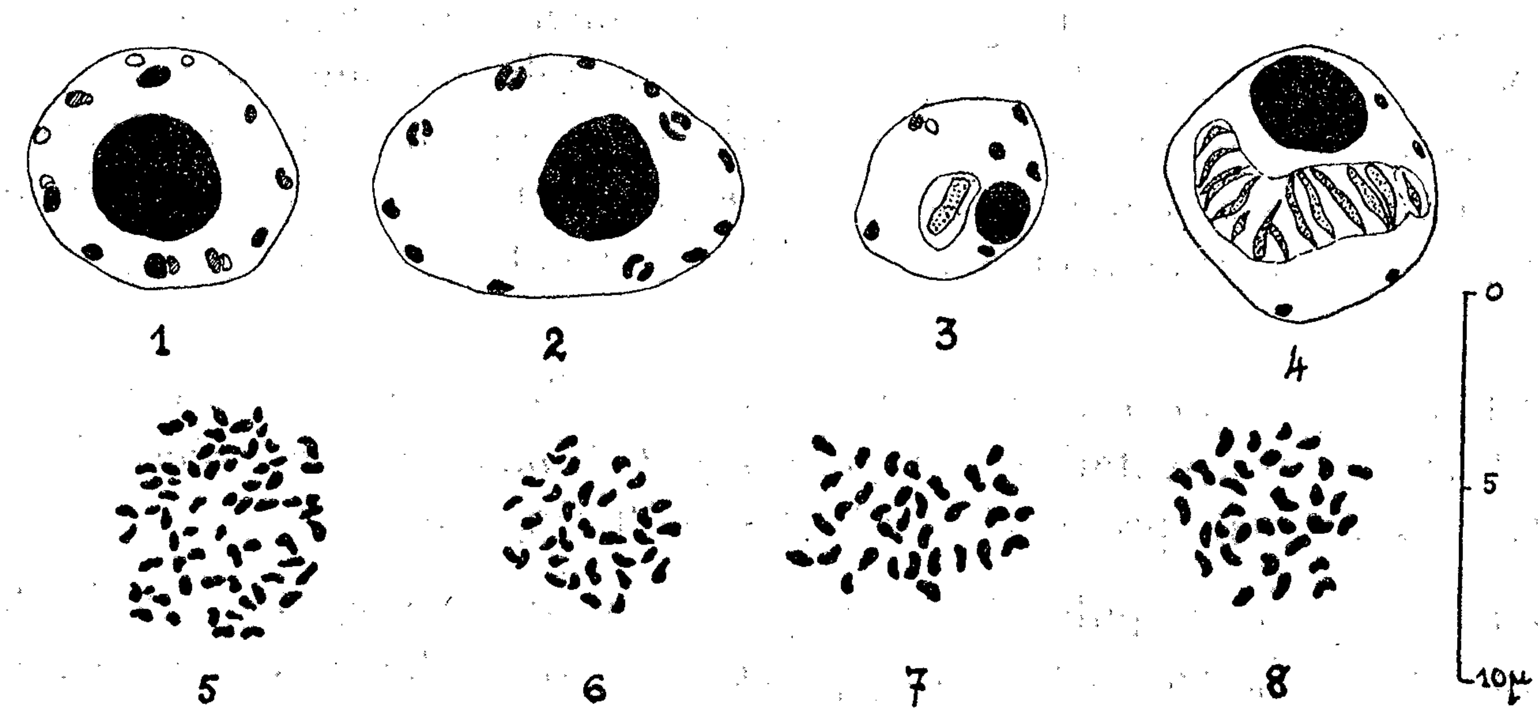


Fig. 1. — *Pinguicula vulgaris* L. fix. Benda : interphase; fig. 2. — Id. : début de prophase; fig. 3. — Id. : noyau de l'assise pilifère avec 1 cristalloïde protéique prismatique; fig. 4. — Id. : noyau quiescient de la zone supra-méristématique à nombreux cristalloïdes protéiques. Fig. 5 à 8 : plaques métaphasiques, fix. Helly; fig. 5. — *P. vulgaris* L. : $2n = 64$; fig. 6. — *P. alpina* L. : $2n = 32$; fig. 7. — *P. grandiflora* Lam. : $2n = 32$; fig. 8. — *P. longifolia* Ram. var. *Reichenbachiana* (Schindl.) Rouy : $2n = 32$.

constituer des chromosomes métaphasiques ayant l'aspect de corpuscules globuleux ou de courts bâtonnets légèrement incurvés (*fig.* 5 à 8). La numération des chromosomes à la métaphase nous a fourni les résultats ci-après :

Pinguicula vulgaris L. (Hautes-Alpes: col du Lautaret, 2095^m. — Isère : Massif de Belledone : col des Mouilles, 1000^m ; Vercors : route de Lans à St-Nizier, 1050^m ; vallée de la Romanche : Séchilienne, 350^m ; vallée de l'Isère : près Sassenage, 205^m) ; $2n = 64$ (*fig.* 5). Ce nombre confirme celui de A. et D. Löve pour la plante des environs d'Abisko (Laponie).

P. alpina L. (Hautes-Alpes : col du Lautaret, prairie du Jardin alpin, 2100^m). $2n = 32$ (*fig.* 6), nombre identique à celui indiqué par A. et D. Löve (1944, p. 14) chez le *P. alpina* d'Abisko.

P. grandiflora Lam. (Vercors : vallée de la Fauge, 1300^m). $2n = 32$ (*fig.* 7).

P. longifolia Ram. var. *Reichenbachiana* (Schindl.) Rouy. (Alpes-Maritimes : vallée de la Roja, entre Tende et Fontan, 450^m). $2n = 32$ (*fig.* 8).

([3]) *Thèse doct. ès sc.*, Grenoble, 1943, pp. 182 à 194.

Il semble donc que le nombre de base du genre *Pinguicula* soit $x = 8$. Dans ces conditions, les trois dernières espèces seraient tétraploïdes, alors que la première serait octoploïde.

Les noyaux de la coiffe, de l'assise pilifère, des assises externes du périblème, de toute la zone supra-méristématique, à l'exception du plérome contiennent des cristalloïdes protéiques (*fig.* 3 et 4). Ces corpuscules qui, d'après Conard, auraient une forme différente dans les noyaux des hibernacles du *P. vulgaris* existent dans les quatre espèces étudiées. Leur aspect et leur évolution correspondent en tous points à ce que nous avons décrit chez le *Bartsia alpina*. Ajoutons toutefois que dans certains noyaux, notamment ceux des cellules âgées, le nucléole n'est plus perceptible. Une grande vacuole centrale, bourrée de cristalloïdes nettement verdâtres et bien distincts, occupe alors le nucléoplasme à la périphérie duquel se détachent encore des euchromocentres très diminués dont l'intensité chromatique est de ce fait fortement atténuée.

GÉNÉTIQUE. — *Sur des gènes produisant de l'anthocyane dans les bulbes de* Hyacinthus orientalis *et sur l'influence de la lumière sur ces gènes*. Note de M. **Jean Politis**, présentée par M. Louis Blaringhem.

Dans une Note (¹) publiée en 1911, nous avons montré par l'étude de la formation des pigments anthocyaniques dans certaines fleurs, que ces pigments apparaissent d'abord dans le cytoplasme au sein des corpuscules spéciaux, que nous avons désignés sous le nom de cyanoplastes. Nous avons étudié aussi l'évolution et les réactions microchimiques de ces corpuscules. Guilliermond (1914) a confirmé ces résultats et il a en outre montré que, dans les jeunes feuilles de Rosier, l'anthocyane apparaît dans le cytoplasme sous forme de filaments, tout à fait semblables à des chondriosomes, que plus tard Dangeard et Guilliermond ont reconnu qu'ils correspondent à des jeunes vacuoles.

La question d'origine de ces vacuoles est encore discutée et n'est pas résolue. Pour cela nous avons cru utile d'exposer nos recherches sur la formation de l'anthocyane dans les bulbes de *Hyacinthus orientalis*. Cette plante possède un bulbe tuniqué. Ses fleurs sont groupées en grappes simples; suivant les variétés, elles sont rouges, blanches ou bleues. En exposant à la lumière des bulbes de variétés à fleurs blanches et des bulbes de variétés à fleurs colorées, nous avons constaté que l'anthocyane n'apparaît que sur les bulbes des variétés à fleurs colorées. Si l'on expose au soleil un de ces bulbes, dont la moitié est couverte d'un papier noir, l'anthocyane apparaît seulement dans la portion découverte. Il faut donc conclure de ces expériences que, *dans ces cas*, la lumière est indis-

---

(¹) J. Politis, Sopra speciali corpi cellulari che formano Antocianine (*Atti r. Ac. Lincei*, 1911, série V, vol. XX, fasc. 11, p. 828; *Classe di scienze fisiche* et *Atti Istituto Botan. Universita di Pavia,* 1914, série II, vol. XIV, p. 364.

pensable à la formation de l'anthocyane. Cette formation exige encore une autre condition, la présence d'un facteur héréditaire, qui existe seulement dans les variétés de *Hyacinthus orientalis* à fleurs colorées.

Les bulbes de ces variétés sont exceptionnellement favorables à l'étude de la formation de l'anthocyane. Par un séjour suffisamment prolongé à la lumière, l'anthocyane forme et occupe d'abord un certain nombre de cellules parenchymateuses sous-épidermiques des tuniques extérieures des bulbes. Les cellules contenant l'anthocyane, isolées ou réunies, apparaissent à l'œil nu sous forme de très petites taches rouges. Si nous examinons au microscope, à un fort grossissement, les cellules sous-épidermiques des tuniques des bulbes exposées à la lumière, nous pouvons observer tous les stades successifs de la formation de l'anthocyane. Plusieurs de ces cellules sont incolores; dans quelques-unes l'anthocyane est en voie de formation, dans d'autres, il se trouve localisé dans une grosse vacuole. Toutes ces cellules, qui sont très grosses, offrent un gros noyau qui occupe souvent le centre de la cellule, un cytoplasme pourvu de vacuoles, de chondriosomes et de grains d'amidon. En dehors des chondriosomes et des grains d'amidon, on rencontre, dans le cytoplasme des cellules qui n'ont pas encore fourni d'anthocyane, un corpuscule très petit, brillant, d'abord incolore et puis rouge, localisé constamment en contact avec le noyau. Ce corpuscule grossit peu à peu, puis forme, par une sorte de bourgeonnement en un point quelconque, ou sur plusieurs points de sa surface, de petits renflements. Ces renflements, d'abord incolores, prennent un teint rouge pâle, puis grossissent, se transforment en grosses sphérules d'un rouge plus accentué et d'un aspect brillant. Il existe même de très rares cas où les renflements grossissent et puis finissent par se séparer. A la fin des phénomènes de la pigmentation, les sphérules se fusionnent les unes avec les autres et forment de grosses masses à contours irréguliers. Ces masses modifient leur forme et finissent par s'arrondir. Il est donc possible de supposer qu'un gène, à la suite d'une excitation, sort du noyau et se multiplie activement dans le voisinage de ce dernier et que les éléments qui proviennent de cette multiplication puissent produire l'anthocyane étant en même temps facteur héréditaire.

Envisageons maintenant la question de l'origine des vacuoles. Went, Klercker, Lloyd, Mangenot, Bailey, Guilliermond ont révélé, dans les cellules d'un très grand nombre de végétaux, des vacuoles spécialisées; leur origine n'a pu être précisée. D'après l'opinion formulée par nous, ces vacuoles auraient pour origine des gènes, qui seraient des organites élaborateurs dont chacun aurait une fonction et une composition déterminées (1). Nos recherches sur la formation cytologique des pigments anthocyaniques et d'autres substances sont en

---

(1) On trouvera cette supposition dans le Report : J. POLITIS, *Immunité et Hérédité chez les végétaux*. Rapport communiqué au 3e Congrès International de Pathologie comparée à Athènes, 1936, et Actes de l'Inst. de Botanique de l'Université d'Athènes, 1940.

faveur de cette opinion. Le gène élaborateur de l'anthocyane des bulbes de *Hyacinthus orientalis* dans une obscurité complète reste en état d'inactivité; mais la lumière peut provoquer l'activité de ce gène, laquelle se manifeste par l'élaboration d'un pigment anthocyanique.

PATHOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Hypotension artérielle en rapport avec l'accumulation de certains métabolites intermédiaires dans l'organisme.* Note (¹) de M^me^ **NADINE DOBROVOLSKAÏA-ZAVADSKAÏA.**

Nous avons réuni, dans une publication précédente (²), les résultats des dosages de B.B.S., substances bloquant le bisulfite, et d'aneurine dans les urines de 75 sujets (125 échantillons), parmi lesquels il y avait 8 malades cancéreux, 15 cas de syndrome dyspnéique et 3 cas d'asthme, 12 cas de symptômes névritiques et 37 cas variés. Parmi tous ces sujets, il n'y a eu que 5 hypertendus avérés; chez tous les autres, la tension artérielle ne dépassait pas les limites de la normale, et même, dans la majorité des cas, elle descendait plus ou moins au-dessous de la normale. Cette baisse a été encore plus accentuée aux moments de l'accumulation de B.B.S., à la suite de surmenage, d'effort physique ou de fatigue. Il a été démontré (³) sur le Pigeon, que l'augmentation des B.B.S. chez les animaux carencés en vitamine B_1 porte presque exclusivement sur l'acide pyruvique; nous sommes arrivée à une conclusion analogue par le dosage, chez certains de nos malades, des substances cétoniques et des substances cétogènes (ou précétoniques) représentées principalement par l'acide diacétique et les produits de la β-oxydation.

En étudiant les effets produits dans l'organisme par une accumulation d'acide pyruvique et d'acide lactique chez la Souris, nous avons remarqué une apparition fréquente des modifications dans le myocarde qui peuvent être significatives pour le phénomène d'hypotension qui nous intéresse maintenant. En effet, on voit sur la figure 1, un cœur de Souris qui a été traitée par le lactate de sodium à 5,4 % (injection quotidienne de 0,7 à 1^{cm^3}), pendant 51 jours, et qui est morte à l'âge de 1 an 4 mois. Le myocarde de ce cœur est extrêmement dissocié par le liquide accumulé entre les faisceaux musculaires. En outre, certains vaisseaux sanguins se présentent dilatés. Sur la figure 2, on voit le cœur d'une autre souris qui a été traitée par le pyruvate de sodium à 10 % (injection sous-cutanée quotidienne de $0^{cm^3},7$) pendant 44 jours et qui est morte à l'âge de 1 an 7 mois. On distingue dans le myocarde de ce cœur également dissocié, des plaques sclérosées et des traînées de tissu conjonctif entre les faisceaux de fibres musculaires.

(¹) Séance du 4 août 1947.

(²) N. DOBROVOLSKAÏA-ZAVADSKAÏA et V. MOMSIKOFF, *Ann. de Médecine*, **48**, 1947, pp. 29-37.

(³) R. H. S. THOMPSON et R. E. JOHNSON, *Biochem. J.*, **29**, 1935, pp. 694-700.

L'importance de la lésion cardiaque au cours du béribéri humain est connue : l'un des facteurs de mort rapide dans le béribéri sec, elle domine le béribéri

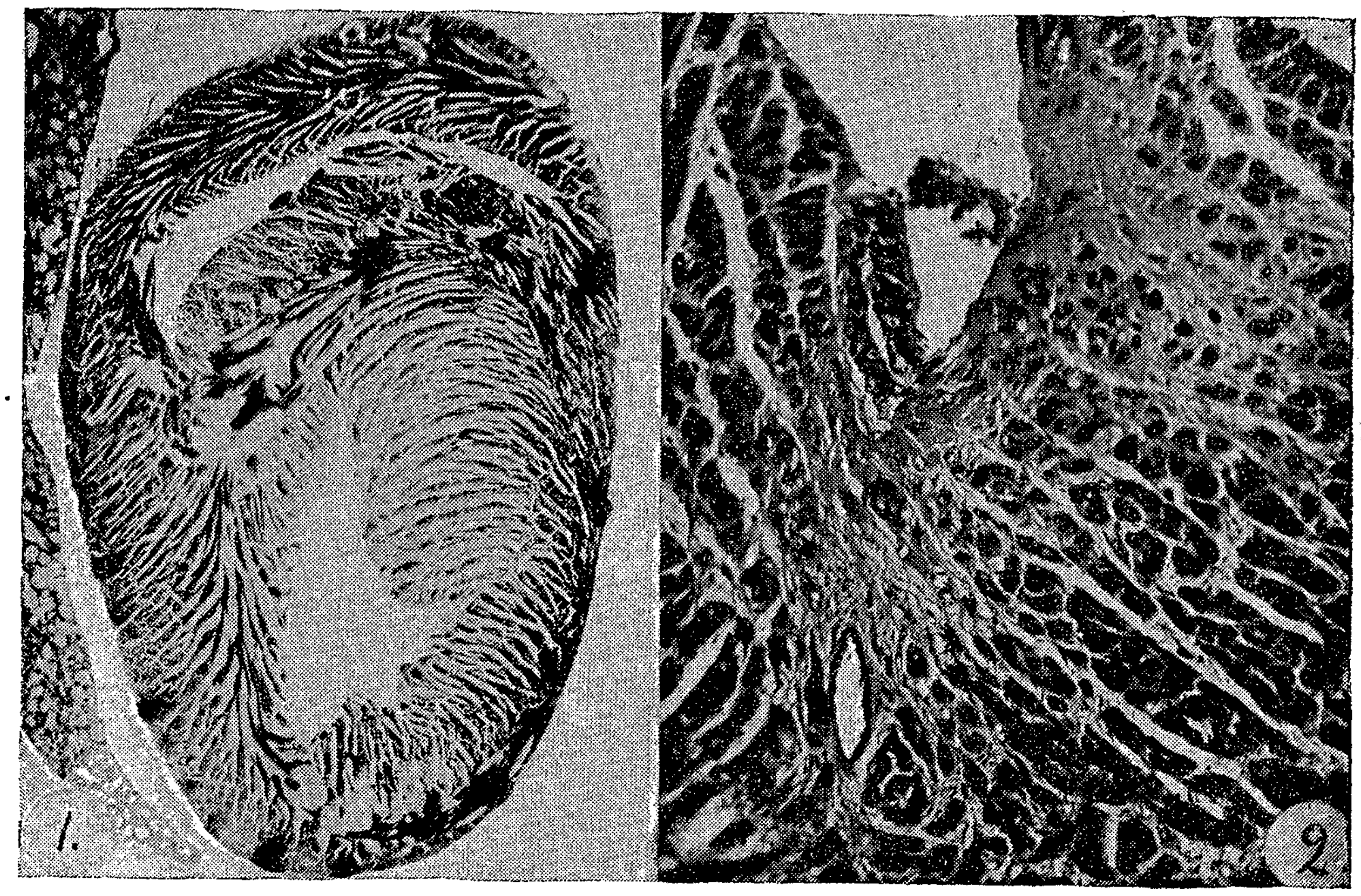


Fig. 1. — Cœur de souris traitée par le lactate de Na : myocarde dissocié par le liquide accumulé entre les faisceaux musculaires. Vaisseau dilaté au bord supérieur.

Fig. 2. — Myocarde de souris traitée par le pyruvate de Na : plaques de sclérose et traînées de tissu conjonctif entre les faisceaux musculaires.

humide œdémateux par l'asthénie du cœur, sa dilatation aboutissant fréquemment à l'asystolie mortelle. La bradycardie chez le Rat est la base d'une méthode de dosage de la vitamine B_1. L'étude (4) de l'électrocardiogramme chez des rats carencés a montré que la bradycardie peut être remplacée par la fibrillation auriculaire ou par un rythme nodal.

En définitive, les modifications observées dans le myocarde de Souris sous l'influence de certains produits intermédiaires du métabolisme glucidique peuvent rendre compte du phénomène de l'hypotension artérielle chez des sujets à pyruvisme augmenté. Il y a lieu de se demander si l'accumulation de produits semblables ne serait pas responsable de la lésion cardiaque au cours de l'avitaminose.

La séance est levée à 15h30m. L. B.

(4) W. D. King et W. H. Sebrell, *Publi. Hlth. Report*, Washington, 61, 1946, pp. 410-414.

ERRATA.

—

(Séance du 9 juin 1947.)

Note de M. *Ferran Sunyer i Balaguer*, Sur la substitution d'une valeur exceptionnelle par une propriété lacunaire :

Page 1610, ligne 23, *au lieu de*

$$\lim_{r=\infty} \log M(r, F)\, r^{-\rho(r)} = b > 0,$$

lire

$$\varliminf_{r=\infty} \log M(r, F)\, r^{-\rho(r)} = b > 0.$$

Page 1610, ligne 27, *au lieu de*

$$\lim_{r=\infty} n[r(f_0 F - f_1)^{-1}]\, r^{-\rho(r)} \geqq [B_3 G(\rho_0)]^{-\sigma\rho_0},$$

lire

$$\lim_{r=\infty} n[r, (f_0 F - f_1)^{-1}]\, r^{-\rho(r)} \geqq [B_3 C_1(\rho_0)]^{3\rho_0}.$$

(Séance du 7 juillet 1947.)

Note de M. *Ferran Sunyer i Balaguer*, Sur la substitution d'une valeur exceptionnelle par une propriété lacunaire :

Page 22, ligne 10, *au lieu de*

$$n\left(r, \frac{1}{F}\right) < q^r\left(\frac{1}{1-r}\right),$$

lire

$$n\left(r, \frac{1}{F}\right) < q\,r\left(\frac{1}{1-r}\right).$$

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 25 AOUT 1947.

PRÉSIDENCE DE M. LOUIS BLARINGHEM.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur la fréquence et la vitesse de phase des ondes planes monochromatiques en Mécanique ondulatoire.* Note de M. **Louis de Broglie**.

En Mécanique ondulatoire, on peut caractériser une onde Ψ plane et monochromatique par quatre grandeurs : la fréquence ν, la longueur d'onde λ, la vitesse de phase V et la vitesse de groupe U. Ces quatre grandeurs sont reliées par les deux relations

$$\lambda = \frac{V}{\nu}; \qquad \frac{1}{U} = \frac{d\left(\frac{1}{\lambda}\right)}{d\nu}. \tag{1}$$

Deux seulement des quatre grandeurs sont directement mesurables : ce sont la longueur d'onde λ et la vitesse de groupe U, la première pouvant se déterminer par l'observation de phénomènes d'interférences (diffraction des électrons par les cristaux par exemple), la seconde par la mesure de la vitesse des fronts d'onde qui est égale à U (méthodes analogues à celle de la roue dentée par exemple). Par contre, la fréquence ν et la vitesse de phase V ne paraissent pas être directement mesurables. Certains auteurs en ont conclu que ces grandeurs sont, pour les ondes Ψ de la Mécanique ondulatoire, au moins partiellement indéterminées. Nous allons montrer qu'il n'en est rien.

Pour plus de commodité, nous poserons $\mu = 1/\lambda$; μ est mesurable puisque λ l'est. D'après (1), nous avons

$$\frac{1}{U} = \frac{d\mu}{d\nu}, \tag{2}$$

d'où

$$\nu = \nu_0 + \int_0^{\mu} U(\mu)\, d\mu, \tag{3}$$

$U(\mu)$ étant la vitesse de groupe qui correspond à la valeur μ de $1/\lambda$ et ν_0 étant la valeur de ν pour $\mu = 0$. La détermination expérimentale de $U(\mu)$ dans l'intervalle $0 \rightarrow \mu$, c'est-à-dire dans l'intervalle $\lambda \rightarrow +\infty$, permet donc de calculer, à une constante ν_0 près, la valeur de la fréquence ν qui correspond à la longueur d'onde λ.

On trouve ensuite

$$(4) \qquad V(\mu) = \frac{\nu}{\mu} = \frac{1}{\mu}\int_0^{\mu} U(\mu)\,d\mu + \frac{\nu_0}{\mu}.$$

Jusqu'ici nous avons raisonné sans introduire l'invariance relativiste. Or nous savons que dans les théories non relativistes, l'énergie n'est définie qu'à une constante additive près. Comme dans les théories quantiques la fréquence est liée à l'énergie par la relation du quantum ($W = h\nu$), il est naturel dans une théorie non relativiste de trouver que la fréquence n'est définie qu'à une constante additive près. Mais, on le sait, la théorie de la Relativité en introduisant l'idée de l'inertie de l'énergie est parvenue à fixer d'une façon absolue la valeur des énergies sans qu'il y subsiste de constante arbitraire. Il est donc naturel de penser que la constante ν_0 de la formule (3) doit pouvoir être entièrement éliminée par des considérations d'invariance relativiste. C'est d'ailleurs ce qui résulte déjà des raisonnements bien connus qui ont servi de points de départ à la Mécanique ondulatoire. Nous allons retrouver cette conclusion par un raisonnement direct.

Appelons x la coordonnée comptée dans la direction de propagation de l'onde. Puisque la phase de l'onde égale à $\nu t - \mu x$ est par sa nature même un invariant relativiste, les grandeurs ν/c et μ doivent, lors d'une transformation de Lorentz, se transformer comme les grandeurs ct et x.

Plaçons-nous alors pour un instant dans un système de référence où, pour l'onde envisagée, on aurait $\mu = 0$: dans ce système, $\nu = \nu_0$ d'après la définition même de ν_0. Revenons ensuite au système de référence primitif : ce changement de système correspond à une certaine vitesse relative βc et, comme l'onde est stationnaire dans le premier système, sa vitesse de groupe dans le second est nécessairement $U = \beta c$. La transformation de Lorentz nous donne donc

$$(5) \qquad \mu = \frac{\beta\frac{\nu_0}{c}}{\sqrt{1-\beta^2}}; \qquad d\mu = \frac{\nu_0}{c}\,\frac{d\beta}{(1-\beta^2)^{\frac{3}{2}}}.$$

On en tire

$$(6) \qquad \int_0^{\mu} U(\mu)\,d\mu = \frac{\nu_0}{c}\int_0^{\beta}\frac{\beta c\,d\beta}{(1-\beta^2)^{\frac{3}{2}}} = \nu_0\left[\frac{1}{\sqrt{1-\beta^2}} - 1\right] = \nu_0\left[\frac{1}{\sqrt{1-\frac{U^2(\mu)}{c^2}}} - 1\right].$$

On obtient alors aisément les deux expressions suivantes :

$$(7) \qquad \left\{\begin{aligned} \nu(\mu) &= \frac{1}{1-\sqrt{1-\frac{U^2(\mu)}{c^2}}}\int_0^{\mu} U(\mu)\,d\mu, \\ V(\mu) &= \frac{1}{\mu\left[1-\sqrt{1-\frac{U^2(\mu)}{c^2}}\right]}\int_0^{\mu} U(\mu)\,d\mu. \end{aligned}\right.$$

Les formules (7) sont remarquables parce qu'elles expriment, sans aucune indétermination, les valeurs de ν et de V qui correspondent à une valeur de λ. Elles ne font intervenir que des grandeurs ondulatoires et pourraient être utilisées par des expérimentateurs qui ne connaîtraient que l'aspect ondulatoire des corpuscules et ignoreraient totalement leur aspect granulaire. Précisément parce qu'un seul de ces deux aspects intervient dans les formules (7), la constante h dont le rôle est de les relier l'un à l'autre n'y figure pas.

Comme on a en Mécanique ondulatoire

$$(8)\qquad \mu = \frac{p}{h}, \qquad p = \frac{m_0 v}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}, \qquad W = \frac{m_0 c^2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}},$$

la variation de U avec μ est donnée par

$$(9)\qquad \nu = U(\mu) = \frac{\mu h c}{\sqrt{m_0^2 c^2 + \mu^2 h^2}},$$

et en portant dans (7), on retrouve les formules classiques

$$(10)\qquad \nu = \frac{c}{h}\sqrt{m_0^2 c^2 + \mu^2 h^2} = \frac{c}{h}\sqrt{m_0^2 c^2 + p^2} = \frac{W}{h}; \qquad V = \frac{\nu}{\mu} = \frac{W}{p} = \frac{c^2}{v}.$$

THERMODYNAMIQUE. — *Influence de la dissociation sur l'évolution adiabatique d'un mélange gazeux à haute température.* Note [1] de M. **Gustave Ribaud.**

Dans une Note, en collaboration avec H. Gaudry [2], nous avons étudié l'influence de la dissociation sur l'évolution adiabatique d'un mélange gazeux, en envisageant plus spécialement la variation de la température avec la pression. Deux exemples concrets ont été donnés, sans toutefois développer les calculs complets, assez laborieux, que nous nous proposons de publier en détail.

Dans une Note plus récente [3], M. Serruys a abordé le même problème en étudiant plus particulièrement la valeur du coefficient polytropique $\Gamma = -(dp/p)/(dv/v)$; le calcul de l'auteur peut se résumer sous la forme plus concise suivante. Si, dans les conditions p, v, T, nous avons n molécules présentes, on peut écrire

$$(1)\qquad pv = nRT$$

qui entraîne

$$(2)\qquad p\,dv + v\,dp = nR\,dT + RT\frac{dn}{dT}dT.$$

D'autre part, si nous supposons qu'il n'y a aucun échange calorifique avec

(1) Séance du 18 août 1947.

(2) *Comptes rendus*, 220, 1945, p. 909.

(3) *Comptes rendus*, 223, 1946, p. 980.

l'extérieur et qu'intervient uniquement la chaleur dQ fournie au système par la réaction chimique, on a

$$(3)\qquad c\,dT + p\,dv = dQ = \frac{dQ}{dT}\,dT,$$

c représentant la chaleur spécifique à volume constant, sous la pression p et à la température T, de l'ensemble des n molécules et dQ la chaleur de réaction *à pression constante*. La relation cherchée entre p et v s'obtient immédiatement en éliminant dT entre les équations (2) et (3) et divisant par pv; elle s'écrit

$$(4)\qquad \Gamma = -\frac{\dfrac{dp}{p}}{\dfrac{dv}{v}} = \frac{c + nR - \dfrac{dQ}{dT} + RT\dfrac{dn}{dT}}{c - \dfrac{dQ}{dT}},$$

on a en outre $nR = C - c$, C désignant la chaleur spécifique à pression constante des n molécules, et la relation précédente peut se traduire par

$$(5)\qquad \Gamma = \frac{C - \left(\dfrac{dQ}{dT}\right)_p + RT\left(\dfrac{dn}{dT}\right)_p}{c - \left(\dfrac{dQ}{dT}\right)_p}.$$

Une telle formule appelle quelques remarques; d'abord, en vertu de la loi du déplacement de l'équilibre, dQ/dT est toujours négatif; en outre le terme $RT(dn/dT)$, toujours petit, représente la différence entre la chaleur de réaction à volume constant et la chaleur de réaction à pression constante, et la formule précédente peut être remplacée par la suivante :

$$\Gamma = \frac{C - \left(\dfrac{dQ}{dT}\right)_v}{c - \left(\dfrac{dQ}{dT}\right)_p}.$$

Le numérateur et le dénominateur de cette expression représentent les grandeurs que nous avons définies sous le nom de chaleurs spécifiques apparentes ([1]) et calculées dans le cas des mélanges contenant CO_2 et H_2O. Leur calcul se présente toujours sous un aspect assez complexe si l'on ne dispose pas de tables donnant les fractions de dissociation α aux diverses températures et pressions; leur explicitation conduit d'ailleurs à des relations assez compliquées ([2]).

L'exemple concret, $CO_2 + 2N_2$ sous 10 atm et à 2500°C, va nous fixer les ordres de grandeur; la fraction de dissociation de CO_2, dans ces conditions,

([1]) *Chaleur et Industrie*, juin et juillet 1937.

est $\alpha = 0{,}21$, de sorte que le mélange a pour composition

$$0{,}79\, CO_2 + 0{,}21\, CO + 0{,}105\, O_2 + 2N_2 \quad (^5),$$

dont les chaleurs spécifiques sont $C = 32{,}1$; $c = 32{,}1 - 2 \times 3{,}1 = 25{,}9$.

D'autre part

$$n = 3 + \frac{\alpha}{2} = 3{,}10; \qquad \left(\frac{d\alpha}{dT}\right)_p = \frac{0{,}45}{1\,000}; \qquad \frac{dn}{dT} = \frac{1}{2}\frac{d\alpha}{dT} = \frac{0{,}225}{1\,000};$$

$$-\left(\frac{dQ}{dT}\right)_p = q\frac{d\alpha}{dT} = 68\,000\,\frac{0{,}45}{1\,000} = 31{,}0; \qquad RT\frac{dn}{dT} = 1{,}3.$$

Et, en définitive,

$$\Gamma = \frac{32{,}1 + 31{,}0 + 1{,}3}{25{,}9 + 31{,}0} = 1{,}13.$$

En négligeant la dissociation on eût trouvé $\gamma = 32{,}1/25{,}9 = 1{,}24$; on remarquera également que le terme en dn/dT a une valeur de l'ordre de 2 % [6]. Bien entendu, si l'on veut suivre, par points successifs, l'évolution adiabatique du système, il est nécessaire de refaire, pour chaque point, le calcul de α compte tenu des nouvelles pression et température [2].

M. Serruys fait remarquer que l'expression (5) de Γ se confond avec le rapport C/c si l'on a $dQ + cT(dn/dT) = 0$. En explicitant la fraction de dissociation, cette relation devient (q, chaleur de dissociation relative à une molécule)

$$-q + \frac{c}{n}T\frac{dn}{d\alpha} = 0.$$

Pour des dissociations du type CO_2 ou H_2O, q est de l'ordre de $60\,000^{cal}$, c/n est de l'ordre de 7 à 8^{cal}, $dn/d\alpha = 1/2$; aux températures courantes l'égalité ne peut être satisfaite. Il en est de même pour les dissociations du type H_2 ou O_2 en atomes, pour lesquelles q est voisin de 100000, c/n de l'ordre de 6 et $dn/d\alpha = 1$. Pour toutes les réactions rencontrées couramment, la conclusion est la même; toutefois, sans que cette relation soit satisfaite, le coefficient polytropique Γ devient égal à C/c lorsque dQ et dn sont négligeables, c'est-à-dire dans les régions où la dissociation est négligeable ou totale.

Sans revenir longuement sur notre premier mémoire, notons qu'on obtient aisément la relation entre p et T dans une évolution adiabatique en éliminant $p\,dv$ entre les relations (2) et (3) et divisant par pv, il vient immédiatement

$$(7) \qquad \frac{\frac{dp}{p}}{\frac{dT}{T}} = \frac{1}{nR}\left(C - \frac{dQ}{dT} + RT\frac{dn}{dT}\right).$$

---

(5) Nous négligeons la dissociation de O_2 en atomes.

(6) Il s'annulerait pour des réactions s'effectuant sans changement de volume (réaction du gaz à l'eau).

Dans l'exemple concret envisagé plus haut le rapport précédent aurait pour valeur $(32,1+31,0+1,3)/6,2=10,4$, alors que $C/(C-c)=5,15$. Il convient de remarquer également que cette valeur est différente de $\Gamma/(\Gamma-1)=8,7$, rapport dans lequel Γ serait défini par la relation (5); en d'autres termes il est impossible d'étendre au cas des évolutions adiabatiques avec réactions chimiques les formules classiques valables pour des gaz inertes.

BOTANIQUE APPLIQUÉE. — *Récolte d'un Maïs à gruau assurée au nord de la Loire.* Note de M. **Louis Blaringhem**.

En raison des fortes chaleurs récentes, la récolte a été possible, nécessaire à la station Berthelot à Bellevue (Seine-et-Oise) le 22 août, exactement *quatre mois* après le semis le 22 avril 1947 en poquets de trois grains en pleine terre fraîchement labourée sans fumure, sur luzerne défoncée en 1945. Je présente à l'Académie trois épis de ce *Maïs à gros grains* dont les ascendants sont suivis depuis 1900. Je me proposais d'en donner l'histoire en 1950; les circonstances et des craintes motivées par l'emploi de farine de Maïs exotique dans la panification me font un devoir d'en donner, dès cette année, les avantages et la possibilité d'en contrôler la qualité et l'origine.

L'épi jaune, à 8 rangs de caryopses, est la variété *Zea Mays semi-præcox*, décrite dans ma *Thèse* de Doctorat (¹), distribuée dès 1907 par les Services d'échange du Muséum d'Histoire naturelle de Paris. Elle mûrit ses graines régulièrement chaque année au nord de la Loire, en Normandie, à Locon (vallée de la Lys), n'a pas varié depuis 1905, avec tige épaisse à la base, courte ($1^m,60$) portant deux épis allongés à 10, plus souvent 8 rangs de 25 graines dans le parfait développement; une particularité constatée à Locon en 1904 et point de départ de la sélection, est la dessiccation des bractées jaune pâle des épis alors que les feuilles et les tiges encore vertes et succulentes n'indiquent pas l'état de maturité définitif des grains à albumen amylacé friable au centre, à albumen corné jaune brillant en surface qui donne la teinte générale sous une très mince écorce maternelle transparente, incolore. Je l'ai décrite (1, p. 183-187) en 1907 et maintient la conclusion donnée en mars 1907 : « *Zea M.* var. *semi-præcox*, complètement stable depuis 1905, est né par mutation dans la descendance d'une plante mutilée ayant déjà offert les caractères de la rapide maturation des graines. La mutilation est la cause directe de l'apparition du caractère nouveau. »

Dans la même année 1903, d'une plante vigoureuse *Zea pennsylvanica* tardive et coupée avant la floraison au ras du sol, sont nés deux rejets, courts et grêles, à épis ramifiés, portant ensemble 17 grains de teinte rouge. C'est le

(¹) *Action des traumatismes sur la Variation et l'Hérédité*, Thèse, Paris, mars 1907, et *Bull. Sc. France et Belgique*, 41, 1907, et 8 pl. doubles.

point de départ de la variété *Acajou* décrite (1, p. 176), instable avec prédominance de plantes à grains jaunes et le rouge récessif. Cette famille, suivie parallèlement avec le Maïs *semi-præcox*, a empêché la dégénérescence de cette dernière variété depuis 1907.

Cette altération dans la combinaison *semi-præcox* + *acajou* qui était destinée à la grande culture me fut imposée par les circonstances. Dans les plates-bandes de la Station Berthelot, négligées et transformées au cours de la récente guerre, je n'ai pu enlever au jour le jour les plantes malades déformées par l'*Ustilago Maydis*, maladie grave qui ne peut être jugulée que par la surveillance d'un personnel spécialisé et la destruction totale par le feu des pieds atteints. Ce contrôle put être assuré par mes soins à Angers, au cours des mois d'août et de septembre 1944, en pleine bataille entre Allemands et Américains, à l'Arboretum Gaston Allard; c'est la souche mixte *semi-præcox* + *acajou* d'Angers qui fut en 1945 mise en culture à Bellevue. A dix années d'intervalle la souche Bellevue 1936 qui était acajou double mais sélectionnée à Angers pour éviter la fascie et les doubles, donne encore après neuf années des retours ataviques qui sont incontestablement la trace d'une hérédité condensée en 1911 et 1912, évitée en Anjou de 1922 à 1944.

Au point de vue biologique, cette démonstration de l'atavisme est une des plus démonstrative; au point de vue technique, elle m'assure la possibilité de conserver le contrôle de ma variété agricole *semi-præcox* + *acajou*, car en cultivant le lot litigieux durant une ou deux générations et par centaines de plantes, la réapparition de grains doubles (je ne dis pas d'épis fasciés) me fournira la preuve que ma variété *polysperma*, inconnue jusqu'à mes obtentions, est avec vraisemblance l'un des ancêtres du lot incriminé. C'est en quelque sorte une marque de fabrique indélébile et déposée dans mes archives. Car l'autofécondation en lignée des Maïs entraîne la dégénérescence rapide. Cette forme instable donne toujours, avec mortalité (lethal) marquée sur les épis à grains *acajou* : je présente avec ce caractère à l'Académie un échantillon très précoce, bien mûr cette année, 4 mois après le semis en poquets. Le pigment est localisé dans le tégument, le grain plus petit que celui du *semi-præcox* renferme au centre moins d'amidon granulé et une zone plus large d'amidon corné d'un jaune terne. Jusqu'en 1921, tant à Bellevue qu'à Locon et en Anjou, les deux variétés nommées ont été cultivées en parallèle, deux lignes de *semi-præcox*, séparées par une ligne de Maïs *acajou* teinté, disposition qui favorise la fécondation croisée.

Le troisième épi présenté à l'Académie est le représentant d'une lignée aberrante à grains doubles dont l'histoire fut décrite en 1920 [2] et avec plus de détails, des statistiques et des photographies en 1924 [3] sous le nom de *Zea*

---

(2) *Comptes rendus*, **170**, 1920, p. 677.

(3) *Les mutations du Maïs* (*Ann. Sc. Nat. Bot.*, série 10, **6**, pp. 289-328).

Mays var. *polysperma*. Race très pauvre, instable au départ (1907), elle fut définitivement fixée après la découverte en 1911 d'une corrélation entre les panicules mâles à condensation extrême des épillets et des épis latéraux femelles fasciés. Il s'agit bien d'une fascie et le type décrit est à la fois l'étalement du rachis portant jusqu'à 20 rangées de graines, et le développement parallèle des fleurs femelles avec deux, rarement trois ovaires coalescents. Or cette anomalie n'a pas été décrite stabilisée ni chez le Maïs, ni même chez les Graminées. J'ai réussi avec peine à la fixer sur le Maïs *acajou* en 1935 (4), et depuis cette acquisition qui fut lente et pénible, réalisée à Bellevue, j'utilise cette lignée instable et les descendants acajou pour la régénération de la lignée *semi-præcox* cultivée à Angers, seule distribuée depuis aux collaborateurs et aux amateurs. Or, d'un semis de *semi-præcox* provenant d'Angers en 1945, je trouve en parfaite maturité le 22 août 1947 l'épi type *polysperma* présenté aujourd'hui à l'Académie qui combine les particularités du *semi-præcox* comme maturité et réserves des grains au désordre fonctionnel de la fascie héréditaire : axe très épais couvert de 12 rangées de grains dont un bon tiers montre l'orientation anormale des embryons, et j'y compte 16 caryopses doubles avec embryons disposés en diagonale sur le même albumen, traduisant la *mâcle*, disposition notée chez certains monstres humains décrits sous le nom de frères siamois.

L'intérêt économique du Maïs *semi-præcox* + *acajou*, qu'il soit jaune ou rouge, est important au point de vue de l'alimentation ; mais je me refuse à le faire utiliser comme céréale panifiable. La suppression possible des embryons avant la mouture enlève à la graine une grande partie des huiles (et du phosphore) presque absente dans le pain de froment, et c'est cette huile (jusqu'à 9 pour 100 en poids) qui est la cause principale de cette pâte lourde, peu poreuse, qui, desséchée après cuisson superficiellement, entraîne, par période orageuse, des moisissures, un rancissement qu'il faut éviter pour conserver au pain son rôle essentiel dans l'alimentation humaine. Depuis 1940, dès septembre, je me suis astreint, comme pour le Tournesol, à consommer presque chaque jour et à plusieurs repas des galettes soit 10 à 20 grammes par jour d'un gruau mis à chauffer lentement une demi-heure dans trois fois le poids d'eau ; la pâte, bien cuite comme le riz à l'étouffée, mais beaucoup plus molle, est renversée dans un moule où elle se fige en quelques heures, dont il est facile de détacher des tranches agréables, surtout avec la purée de pommes. Cette pratique, suivie depuis six ans, m'a permis de ne consommer que la moitié de la ration de pain rassis réglementée ; je n'ai eu aucun accident ni malaise. Dès la fin d'octobre, des grains de ce Maïs seront remis gratuitement (le port excepté) aux collaborateurs qui désirent faire l'épreuve de la variété dans les localités françaises de l'Ouest et au nord de la Loire.

---

(4) *Comptes rendus*, **203**, 1936, p. 1477.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Contribution à la chimie analytique de l'indium.* Note (¹) de M. **Georges Denigès.**

Les réactions que je vais faire connaître et dont trois sont d'ordre microcristallin, permettent — en dehors de la spectroscopie, en fort peu de temps et avec une technique des plus simples — de déceler de très faibles doses d'indium libre ou combiné.

Elles reposent sur la formation, presque immédiate, du chlorure, de l'azotate, du sulfate et de l'iodate d'indium trivalent. En voici l'application :

1° *Cas du chlorure d'indium.* — Mettre, dans une toute petite capsule, 1^{cg} environ du métal à identifier et 7 ou 8 gouttes de ClH pur. Chauffer légèrement au-dessus d'une faible flamme (veilleuse de brûleur à gaz ou flamme surbaissée d'une lampe à essence). Si, au bout de quelques instants, la dissolution n'est pas terminée, ajouter encore 2 gouttes de ClH et continuer l'action d'une douce chaleur et, au besoin, celle d'une nouvelle addition d'acide jusqu'à disparition complète des parcelles métalliques. Il est bon que le résidu liquide corresponde à un volume d'à peu près 4 ou 5 gouttes normales. Ce point atteint, on plonge dans ce résidu l'extrémité arrondie d'une baguette de verre et l'on porte le liquide qui la mouille sur une lame de verre porte-objet. On répète, au besoin, cet apport de façon que la gouttelette résultante occupe une surface de 5 ou 6^{mm} de diamètre.

On l'évapore en chauffant la lame sur une zone annulaire, concentrique à cette goutte, en la promenant d'un mouvement circulaire régulier au-dessus d'une des petites flammes plus haut indiquées. On s'arrête dès que la dessiccation est presque achevée. Si celle-ci n'a pas été trop rapide, le microscope (120 à 200 D et sans couvrir d'une lamelle) montre, surtout en périphérie, de longues aiguilles plus ou moins enchevêtrées. Si elle a été trop poussée, on peut n'observer que des grains cristallins. Dans cette circonstance, en répartissant le résidu dans une gouttelette de NO_3H (où il se dissout) et évaporant de nouveau jusqu'à début de dessiccation, surtout apparente sur les bords, les aiguilles — d'ailleurs plus ou moins rapidement déliquescentes — apparaissent plus volumineuses et plus abondantes.

2° *Cas de l'azotate d'indium.* — Si l'on fait une opération semblable à la précédente, mais en remplaçant ClH par NO_3H, le résidu chauffé lentement jusqu'à siccité, laisse voir, au microscope, d'abord une masse amorphe, parsemée de bulles plus ou moins grosses de gaz occlus, mais qui disparaissent rapidement, par déliquescence de l'ensemble dans lequel, si la température extérieure n'est pas trop élevée, on voit apparaître des cristallites stellaires à 3 ou 4 branches, éphémères aussi et bientôt remplacés par de nouveaux cristaux en bâtonnets,

(¹) Séance du 4 août 1947.

déjà bien visibles vers 150 D, mais dont on aperçoit beaucoup mieux la constitution en de longs prismes associés en forme d'X serrés et très stables, vers 700 D.

Le reste de la solution nitrique d'indium (solution A) sera utilisé comme on va le voir :

3° *Cas du sulfate d'indium.* — Si, sur une gouttelette de solution A, placée sur une lame de verre, on dépose 1 gouttelette d'à peu près même volume de SO_4H_2 concentré, il se développe rapidement, à froid, un précipité blanc formé de cristaux rhombiques de sulfate d'indium isolés ou groupés suivant les feuillets d'un livre entr'ouvert ou, encore, autour d'un centre avec un aspect feuillu.

Des cristaux de même nature, mais moins hydratés, se produisent en évaporant, sur lame de platine, 1 ou 2 gouttes de A, desséchant et calcinant; le résidu jaune orangé passant au jaune clair par refroidissement (un des caractères connus de In_2O_3) étant dissous dans 1 gouttelette de SO_4H_2 au tiers (en volume) et chauffé — toujours comme précédemment — dans l'air chaud d'une petite flamme, jusqu'à commencement de dessiccation et d'apparition de vapeurs blanches, présente au microscope (120 à 130 D) de nombreux hexaèdres se projetant en lamelles hexagonales (²).

Enfin, on obtient aussi de tels cristaux en immergeant sur une lame de verre, dans une gouttelette de SO_4H_2, au tiers, quelques fines parcelles (guère plus de 1 à 2^{mg}) d'indium métal, et chauffant toujours suivant les indications précédentes. A côté des hexaèdres, il apparaît très souvent — surtout au niveau des grains de métal non dissous — de plus volumineux cristaux rhombiques libres ou groupés.

4° *Cas de l'iodate d'indium.* — Ce sel — qui ne paraît pas avoir encore été décrit — est d'une grande insolubilité dans l'eau ; il est blanc et amorphe. On peut en utiliser la production, pour caractériser l'indium, en ajoutant — sur lame de verre — à 1 goutte de A, 1 goutte d'acide iodique à 10 % ou d'une solution, saturée à froid, d'un iodate alcalin : un précipité blanc, compact, se produit ; il est soluble dans ClH.

On peut, aussi, diluer 1 goutte de A dans un peu d'eau et ajouter le réactif iodique qui produira un trouble blanc très marqué.

La formation de cet iodate d'indium pourrait être utilisée pour un dosage gravimétrique, iodatométrique ou néphélémétrique d'indium.

Ajoutons, pour terminer, qu'une goutte de A, répartie dans une goutte de solution saturée d'acétate de sodium, fournit, par addition de 1 ou 2^{cm^3} d'une solution de SH_2, le précipité jaune rougeâtre, bien connu, de sulfure d'indium.

(²) La possibilité d'obtenir, par la calcination de nombreux dérivés de l'indium, l'oxyde correspondant, permet de généraliser ce mode de caractérisation de l'indium libre ou combiné.

En outre, le même liquide A peut permettre d'obtenir le spectre et la coloration de la flamme caractéristiques de l'indium.

Moins de 5^{cg} de ce métal suffisent pour réaliser toutes les réactions qui viennent d'être signalées.

CORRESPONDANCE.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Comportement asymptotique des fonctions de Mathieu associées pour des paramètres infiniment grands.* Note [1] de M. **Robert Campbell**, présentée par M. Joseph Pérès.

Je considère les solutions de période 2π de l'équation prise sous la forme réduite

$$y'' + \left[a + \nu^2 - \frac{\nu(\nu-1)}{\cos^2 x} + k^2 \sin^2 x\right] y = 0, \tag{1}$$

quand les paramètres a, ν, k sont infiniment grands.

Le cas le plus intéressant est celui où k et ν sont infiniment grands et de même ordre. Le paramètre k, défini par des conditions physiques, sera supposé donné en fonction de ν; $a(\nu)$ inconnu est naturellement à déterminer pour qu'il y ait périodicité. Je pose donc

$$k^2 = \alpha\nu^2 + \beta\nu + \gamma + \frac{\delta}{\nu} + \ldots \quad (\alpha, \beta, \gamma, \delta \text{ donnés}),$$

$$a = \mathrm{A}\nu^2 + \mathrm{B}\nu + \mathrm{C} + \frac{\mathrm{D}}{\nu} + \ldots \quad (\mathrm{A}, \mathrm{B}, \mathrm{C}, \mathrm{D} \text{ inconnus}).$$

On sait, par les travaux de Horn [2] appliqués déjà à l'équation de Mathieu par Ince [3], Goldstein [4] et Jeffreys [5], que le comportement asymptotique cherché est de la forme

$$y = \Phi(x) e^{\nu\omega(x)}(1 + \zeta) \qquad \left(\zeta = \frac{f_1(x)}{\nu} + \frac{f_2(x)}{\nu^2} + \ldots\right); \tag{2}$$

le calcul montre que $\omega(x)$ ne sera trigonométrique que si A est choisi pour que, si $\alpha = \theta^2$, $\mathrm{A} = -(\theta - 1)^2$. On a alors pour la dérivée ω' le couple de solutions : $\omega' = \varepsilon[\theta \cos x + (1/\cos x)]$ $(\varepsilon = \pm 1)$.

---

(1) Séance du 21 juillet 1947.

(2) *Math. Annalen*, 52, 1899.

(3) *Journ. of the Royal Society of London*, 1923.

(4) *Trans. of the Cambridge Philosophical Society*, 23 (1923-1928).

(5) *Proc. of the London Math. Society*, 1923.

Ainsi, l'équation admet pour les grandes valeurs de ν les deux solutions

$$y_1 = e^{-\nu\theta \sin x} \left| \operatorname{tg}\left(\frac{\pi}{4} - \frac{x}{2}\right) \right|^{\nu - \frac{1}{2}} \times |\sin x - \sqrt{s}|^{\frac{M}{4} - \frac{1}{2}} |\sin x + \sqrt{s}|^{-\frac{M}{4} - \frac{1}{2}} \sqrt{|\cos x|}\, e^{-\frac{\beta}{2\theta}\sin x},$$

$$\overline{y_1} = y_1(-x)$$

avec

$$s = 1 + \frac{1}{\theta}$$

et

$$M = \sqrt{s}\left[(s-1)\left(\frac{B}{s} + \beta\right) - \frac{1}{s}\right] \qquad (s \lessgtr 0). \tag{4}$$

Cette représentation n'est pas valable au voisinage des valeurs de x telles que $\sin x = \pm\sqrt{s}$, ce qui n'a lieu que si $\theta < -1$. On pose alors $s = \sin^2\varphi$ et, au voisinage de la valeur $x = \varphi$ par exemple [avec précision si $(x - \varphi)/\nu$ est négligé, mais $\nu(x-\varphi)^2$ grand] l'équation admet pour solutions asymptotiques

$$y = \omega''^{-\frac{1}{2}} e^{\nu\omega(\varphi) + \frac{1}{2}\nu\omega''(\varphi)(x-\varphi)^2} (x - \varphi)^{\frac{\psi(\varphi)}{2\omega''(\varphi)} - \frac{1}{2}}, \tag{5}$$

où

$$\psi(x) = B + \beta\sin^2 x + 1 + \operatorname{tg}^2 x.$$

Or, l'expression (5), où l'on pose

$$z = \sqrt{-2\nu\omega''(\varphi)}\,(x - \varphi),$$

est, à un facteur près, la forme asymptotique d'une fonction de Weber, d'ordre $\psi(\varphi)/2\omega''(\varphi)$. En remarquant que cette fonction de Weber doit être d'ordre entier N et en utilisant la formule

$$D_N(-z) = (-1)^N D_N(z),$$

on peut prolonger y_1 ou y_2 à travers la valeur $x = \varphi$.

1° *si* $-\pi/2 < x < \pi/2$,

$$y_1(x) = \sin^{\nu}\left(\frac{\pi}{4} - \frac{x}{2}\right)\cos^{1-\nu}\left(\frac{\pi}{4} - \frac{x}{2}\right) |\sin x - \sqrt{s}|^{N-1} |\sin x + \sqrt{s}|^{-N} e^{-k\sin x},$$

$$\overline{y_1}(x) = y_1(-x);$$

2° *si* $+\pi/2 < x < 3\pi/2$: $y_2(x) = e^{-\pi i\nu} y_1$, $\overline{y_2} = -e^{\pi i\nu}\overline{y_1}$;

3° *si* $3\pi/2 < x < 5\pi/2$: $y_3 = -y_1$, $\overline{y_3} = -\overline{y_1}$;

4° *si* $5\pi/2 < x < 7\pi/2$: $y_4 = -e^{\pi i\nu} y_1$, $\overline{y_4} = e^{-\pi i\nu}\overline{y_1}$.

Les fonctions paires et impaires sont donc représentées dans ces quatre intervalles respectivement ainsi :

Paires :		Impaires :	
	$\lambda(y_1 + \overline{y_1})$;		$\mu(y_1 - \overline{y_1})$;
	$\lambda(e^{-\pi i\nu} y_1 - e^{+\pi i\nu}\overline{y_1})$;		$\mu(e^{-\pi i\nu} y_1 + e^{+\pi i\nu}\overline{y_1})$;
	$-\lambda(y_1 + \overline{y_1})$;		$\mu(\overline{y_1} - y_1)$;
	$\lambda(-e^{+\pi i\nu} y_1 + e^{-\pi i\nu}\overline{y_1})$.		$\mu(e^{\pi i\nu} y_1 + e^{-\pi i\nu}\overline{y_1})$.

On peut déterminer les coefficients λ et μ en se servant des expressions obtenues précédemment (6) pour ce $h_n^\nu(\eta)$, quand η est grand. En remplaçant k par son développement et en utilisant la formule de Stirling, on obtient ainsi, pour λ (et μ) la valeur

$$\lambda = [\Sigma A_N C_N^\nu(1)] \left(\frac{2}{\theta}\right)^{\nu+\frac{1}{2}} \nu^{-\frac{1}{2}} e^{-\left(\nu+\frac{1}{2}\beta\right)}.$$

MÉCANIQUE APPLIQUÉE. — *Notion d'une portée limite des fils pesants flexibles.* Note de M. **P. Billaud**.

1. Préliminaires. Définitions. — On ne traite ci-dessous que le cas des arcs matériels, dont la section est infiniment petite vis-à-vis de la longueur, n'ayant à supporter que leur propre poids, et bâtis chacun d'un matériau homogène.

De tels arcs sont flexibles s'ils ne manifestent par leur construction aucune résistance à la flexion (voussoirs juxtaposés par des rotules sans frottement, ou chaînons successifs parfaitement articulés).

On sait que le fil tendu prend un équilibre stable (potentiel minimum) et que le fil comprimé ne peut exister qu'en équilibre instable (potentiel maximum); pour ce dernier on peut rendre l'équilibre relativement stable en donnant aux voussoirs des sections d'appui appréciables et planes (minimum de potentiel encadré par deux maxima très voisins); nous supposerons alors que l'arc épaissi permet la définition d'une courbe moyenne, et que cette courbe est confondue avec celle des pressions, d'où la possibilité d'identifier complètement la répartition géométrique des masses avec celle du fil comprimé théorique instable, et de rester dans le cadre fixé ci-dessus. On entendra par *arc*, dans ce qui suit, *le fil théorique* ou *la courbe moyenne* de l'arc épais.

Soumis à des efforts extérieurs uniquement verticaux, ces arcs sont contenus tout entiers dans des plans verticaux.

Le sommet de l'arc, c'est-à-dire le point où sa tangente est horizontale, sera pris comme origine O, en admettant au besoin que la loi géométrique de formation de l'arc permette de définir ce point (cas où le sommet ne pourrait matériellement exister, en raison d'un dépassement des possibilités du matériau).

Dans ces conditions, on peut considérer plusieurs paramètres relatifs à un point M de l'arc.

Paramètres géométriques. — Abscisse x et ordonnée y, les axes étant respectivement la tangente au sommet et la verticale de ce point; s, section normale de l'arc au point M; φ, angle que fait la tangente en M avec l'axe des x; $\widehat{OM} = \text{arc}\,a$.

(6) *Comptes rendus*, 222, 1946, p. 1070.

Paramètres physiques. — p poids de l'arc $\widehat{OM}$; effort intérieur en M; taux de travail τ égal au quotient de l'effort par la section et que nous appellerons simplement *taux*.

Le matériau est caractérisé par son poids spécifique s, son taux limite τ_l qu'il est interdit de dépasser (taux de rupture ou taux de sécurité).

2. Équation d'équilibre. — On sait que la condition d'équilibre d'un fil pesant est $d(p/\text{tg}\varphi) = 0$, soit $p = k\,\text{tg}\varphi$, k étant une constante, ce qui exprime que la composante horizontale de l'effort est constante le long de l'arc.

3. Calcul du taux. — Appelons da la longueur du chaînon ou voussoir élémentaire, de point moyen M, et dx et dy les variations de x et y d'un bout à l'autre de cet élément. De $d(p/\text{tg}\varphi) = 0$, on tire

$$\frac{dp}{\text{tg}\varphi} - \frac{p}{\text{tg}^2\varphi}\,\frac{d\varphi}{\cos^2\varphi} = 0,$$

soit $dp = p(d\varphi/\sin\varphi\cos\varphi)$, l'effort au point M étant égal à $(p/\sin\varphi)$, le taux est

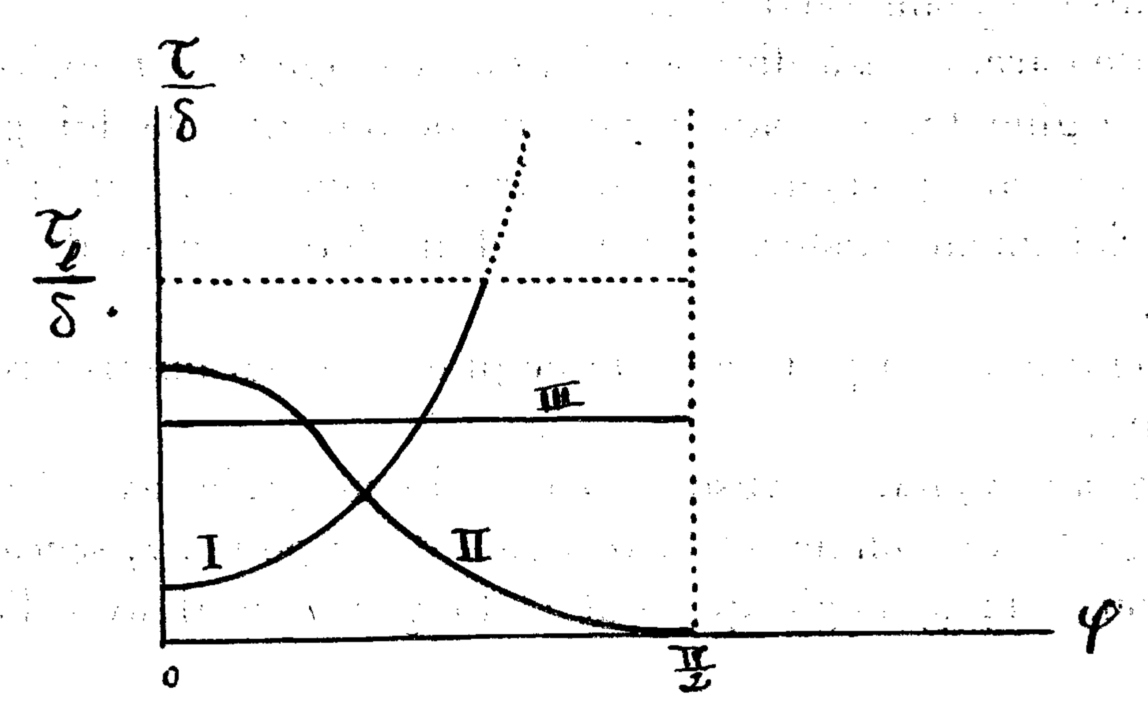
$$\tau = \frac{\dfrac{p}{\sin\varphi}}{s}, \qquad \text{soit} \qquad \tau = \frac{dp}{s}\,\frac{\cos\varphi}{d\varphi};$$

par ailleurs $dp/s = \delta\, da = \delta(dx/\cos\varphi)$, donc

$$\boxed{\tau = \delta\,\frac{dx}{d\varphi}.}$$

4. Étude de la portée. — L'égalité précédente peut s'écrire $dx = \tau/\delta . d\varphi$.

Prenons alors φ comme variable indépendante; c'est une nécessité évidente que p soit une fonction croissante de l'arc a; ainsi p croît entre 0 et $+\infty$, de même que $\text{tg}\varphi$ qui lui est proportionnelle; donc φ croît entre 0 et $\pi/2$ le long de l'arc.



Considérons le diagramme $(\tau/\delta, \varphi)$ et marquons les limites τ_l/δ et $\pi/2$ de ces deux grandeurs :

Les variations de τ/δ en fonction de φ pour des arcs en équilibre ne peuvent être représentées sur ce diagramme que par des segments de courbes tels que I, II, III, *contenus* dans le rectangle formé par les axes et les droites limites.

D'après les conventions initiales $\varphi = 0$ à l'origine O, et l'on peut écrire

$$x = \int_0^{\varphi} \frac{\tau}{\delta}\, d\varphi.$$

Ainsi l'abscisse x est égale à l'aire comprise entre chaque segment de courbe et l'axe des φ et elle est toujours inférieure ou égale à l'aire $\pi/2 \times \tau_l/\delta$ du rectangle.

En considérant que l'on peut ajouter à chaque arc ayant une origine O réelle un arc symétrique par rapport à la verticale en O, il apparaît qu'*un matériau* (τ, δ) *développé en arc ne peut franchir une distance horizontale supérieure à* $L = \pi(\tau_l/\delta)$.

Nous appellerons L la *portée limite* du matériau, et $(\tau_l/\varphi) = \gamma$ *l'indice de franchissement* du matériau, ces caractères étant à préciser dans chaque cas selon le sens exact attribué à τ_l.

Cette distance limite ne serait atteinte qu'avec le profil à taux constant $y = -k \log\cos(x/k)$ et une flèche infinie.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Généralisation des formules d'Olinde Rodrigues et nouvelle représentation des rotations d'Univers.* Note (¹) de M. **Émile Durand**.

Dans une précédente Note (²), nous avons montré que le produit asymétrique $\varepsilon_p \varepsilon_q$ de 4 matrices de base ε_p conduisait à 16 matrices et que les formes bilinéaires du type $[l_K^\star \varepsilon_p \varepsilon_q l_K] = b_{pq}$ bâties sur ces 16 matrices obéissaient aux relations

$$\Sigma_r b_{pr} b_{qr} = \delta_{pq} \qquad \text{si l'on avait} \qquad [l_K\, l_K] = [l_K^\star\, l_K^\star] = 1.$$

Elles peuvent alors représenter les éléments de matrice d'une transformation orthogonale. Voici le tableau des b_{pq} (p désigne la ligne ; q la colonne).

$$\begin{array}{cccc}
l_1^\star l_1 - l_2^\star l_2 - l_3^\star l_3 + l_4^\star l_4 & l_1^\star l_2 + l_2^\star l_1 + l_3^\star l_4 + l_4^\star l_3 & l_1^\star l_3 - l_2^\star l_4 + l_3^\star l_1 - l_4^\star l_2 & l_1^\star l_4 + l_2^\star l_3 - l_3^\star l_2 - l_4^\star l_1 \\
l_1^\star l_2 + l_2^\star l_1 - l_3^\star l_4 - l_4^\star l_3 & -l_1^\star l_1 + l_2^\star l_2 - l_3^\star l_3 + l_4^\star l_4 & l_1^\star l_4 + l_2^\star l_3 + l_3^\star l_2 + l_4^\star l_1 & -l_1^\star l_3 + l_2^\star l_4 + l_3^\star l_1 - l_4^\star l_2 \\
l_1^\star l_3 + l_2^\star l_4 + l_3^\star l_1 + l_4^\star l_2 & -l_1^\star l_4 + l_2^\star l_3 + l_3^\star l_2 - l_4^\star l_1 & -l_1^\star l_1 - l_2^\star l_2 + l_3^\star l_3 + l_4^\star l_4 & l_1^\star l_2 - l_2^\star l_1 + l_3^\star l_4 - l_4^\star l_3 \\
-l_1^\star l_4 + l_2^\star l_3 - l_3^\star l_2 + l_4^\star l_1 & -l_1^\star l_3 - l_2^\star l_4 + l_3^\star l_1 + l_4^\star l_2 & l_1^\star l_2 - l_2^\star l_1 - l_3^\star l_4 + l_4^\star l_3 & l_1^\star l_1 + l_2^\star l_2 + l_3^\star l_3 + l_4^\star l_4
\end{array}$$

Si les paramètres l_K sont réels, ces éléments de matrice s'identifient avec les formules d'Olinde Rodrigues (³). Ils se présentent donc comme une généra-

(¹) Séance du 4 août 1947.

(²) *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 280.

(³) Nous avons précisément choisi les matrices de base pour qu'il en soit ainsi. Pour ces formules, voir, par exemple, Appell, *Traité de mécanique*, t. II, p. 150.

lisation de ces dernières; pour les rotations spatiales, il suffit de 4 paramètres dont 1 est arbitraire, mais pour une rotation d'Univers il faut 8 paramètres que nous avons condensés en 4 paramètres complexes. Voici les formules qui donnent les $l_K = \rho_K e^{i\varphi_K}$ correspondant à une matrice b_{pq} donnée :

$$\rho_1 = \frac{1}{2}\sqrt{b_{11} - b_{22} - b_{33} + b_{44}}, \qquad \varphi_1 = \varphi_4 + \operatorname{arc\,tg} i\,\frac{b_{14} - b_{41}}{b_{23} - b_{32}},$$
$$\rho_2 = \frac{1}{2}\sqrt{-b_{11} + b_{22} - b_{33} + b_{44}}, \qquad \varphi_2 = \varphi_4 + \operatorname{arc\,tg} i\,\frac{b_{24} - b_{42}}{b_{12} - b_{21}},$$
$$\rho_3 = \frac{1}{2}\sqrt{-b_{11} - b_{22} + b_{33} + b_{44}}, \qquad \varphi_3 = \varphi_4 + \operatorname{arc\,tg} i\,\frac{b_{34} - b_{43}}{b_{12} - b_{21}},$$
$$\rho_4 = \frac{1}{2}\sqrt{b_{11} + b_{22} + b_{33} + b_{44}}, \qquad \varphi_4 = \varphi_4.$$

Les paramètres l_K ne sont définis qu'à un facteur de phase près φ_4 dont on peut disposer dans chaque cas pour symétriser les formules. Quand le tableau des b_{pq} est symétrique, on a $\varphi = 0/0$; en reprenant le calcul on trouve que l'on doit avoir $l_4 = 0$, φ_2 quelconque et

$$\varphi_1 = \varphi_2 + \operatorname{arc\,tg}(i\,b_{14}/b_{12}), \qquad \varphi_3 = \varphi_2 + \operatorname{arc\,tg}(-i\,b_{14}/b_{23}).$$

Voici quelques exemples d'application de ces formules :

1° Passage d'un trièdre à un autre trièdre défini par rapport au premier à l'aide des angles d'Euler ψ, θ, φ. On obtient les paramètres bien connus d'Olinde Rodrigues

$$l_1 = \sin\frac{\theta}{2}\cos\frac{\varphi - \psi}{2}, \qquad l_2 = -\sin\frac{\theta}{2}\sin\frac{\varphi - \psi}{2},$$
$$l_3 = \cos\frac{\theta}{2}\sin\frac{\varphi + \psi}{2}, \qquad l_4 = -\cos\frac{\theta}{2}\cos\frac{\varphi + \psi}{2}.$$

Si l'on change la représentation en choisissant des matrices de base $\nu_p = \Lambda\varepsilon_p\Lambda^+$ et si $\Lambda\Lambda^+ = 1$, on a $l'_K = \Lambda l_K$, avec

$$\Lambda = \frac{1}{\sqrt{2}}\begin{bmatrix} & & i & -1 \\ i & 1 & & \\ i & -1 & & \\ & & -i & -1 \end{bmatrix} \quad \text{on a} \quad \left\{ \begin{aligned} l'_1 &= \frac{1}{\sqrt{2}} e^{i\frac{\psi+\varphi}{2}} \cos\frac{\theta}{2}, & l'_2 &= \frac{1}{\sqrt{2}}\, i\, e^{i\frac{\varphi-\psi}{2}} \sin\frac{\theta}{2}, \\ l'_3 &= \frac{1}{\sqrt{2}}\, i\, e^{-i\frac{\varphi-\psi}{2}} \sin\frac{\theta}{2}, & l'_4 &= \frac{1}{\sqrt{2}} e^{-i\frac{\varphi+\psi}{2}} \cos\frac{\theta}{2}. \end{aligned} \right.$$

On reconnaît au facteur près $1/\sqrt{2}$ les paramètres de Cayley-Klein.

2° Rotation spatiale dont l'axe a pour cosinus directeurs μ_1, μ_2, μ_3 et dont la grandeur est θ

$$l_1 = -\mu_1\sin\frac{\theta}{2}, \qquad l_2 = -\mu_2\sin\frac{\theta}{2}, \qquad l_3 = -\mu_3\sin\frac{\theta}{2}, \qquad l_4 = \cos\theta.$$

3° Transformation de Lorentz pure; si l'un des systèmes est animé par rapport à l'autre d'une vitesse de grandeur $c\beta$ et de cosinus directeurs λ_1, λ_2, λ_3, en posant $\operatorname{th}\gamma = \beta$ ($x_4 = ict$), on a

$$l_1 = i\lambda_1\operatorname{sh}\frac{\gamma}{2}, \qquad l_2 = i\lambda_2\operatorname{sh}\frac{\gamma}{2}, \qquad l_3 = i\lambda_3\operatorname{sh}\frac{\gamma}{2}, \qquad l_4 = \operatorname{ch}\frac{\gamma}{2}.$$

4° Produit des deux transformations précédentes :

$$l_w = -\mu_w \sin\frac{\theta}{2}\,\text{ch}\,\frac{\Upsilon}{2} + i\left[\lambda_w \cos\frac{\theta}{2} - (\lambda_u\mu_v - \lambda_v\mu_u)\sin\frac{\theta}{2}\right]\text{sh}\,\frac{\Upsilon}{2},$$

$$l_4 = \text{ch}\,\frac{\Upsilon}{2}\cos\frac{\theta}{2} + i\Sigma_u\lambda_u\mu_u\sin\frac{\theta}{2}\,\text{sh}\,\frac{\Upsilon}{2}.$$

5° La transformation identique $b_{pq} = \delta_{pq}$ est donnée par $l_1 = l_2 = l_3 = 0$, $l_4 = 1$.

6° Si l'on effectue sur les coordonnées une transformation orthogonale du type le plus général, définie par les 4 nombres complexes l_K, les nouvelles fonctions ψ'_K de la théorie de Dirac ([4]) sont liées aux anciennes par la relation $\psi'_K = \Lambda\psi_K$, avec

$$\Lambda = \sum_{w=1}^{w=3} i\gamma_{w4}L_w + i\gamma_{1234}L_4 - \sum_{w=1}^{w=3}\gamma_{uv}M_w + \gamma_0 M_4;$$

γ_{pq} désigne les matrices de von Neumann; u, v, w permutation paire de 1, 2, 3; $2M_p = l_p + l_p^*$; $2iL_p = l_p - l_p^*$; $p = 1, 2, 3, 4$: Λ^{-1} s'obtient en changeant les signes de γ_{w4} et γ_{uv}; Λ^+ en changeant les signes de γ_{1234} et de γ_{uv}, d'où $\Lambda^+ = \gamma_4\Lambda^{-1}\gamma_4$.

Voici enfin une nouvelle représentation des transformations orthogonales d'Univers qui est linéaire par rapport aux l_K supposés normalisés; avec nos matrices ε_p et leurs adjointes ε_p^+, on a

$$\varepsilon_q^+ X^q l_K^* = \varepsilon_q Y^q l_K \qquad (X_4 = ict),$$

les matrices opérant sur l'indice K des paramètres l_K^* ou l_K, comme il est d'usage en mécanique ondulatoire; en multipliant en avant par $l_K^*\varepsilon_p$ et par $l_K\varepsilon_p^+$ on obtient respectivement la forme habituelle et son inverse $X_p = \Sigma_q b_{pq} Y_q$; $Y_p = \Sigma_q b_{qp} X_q$. En multipliant en avant par l'opérateur $l_K^*\varepsilon_p X^p$, puis par l'opérateur $l_K\varepsilon_p^+ Y^p$, on en déduit que $X_q^q = Y_q^q$.

THERMODYNAMIQUE. — *Sur la diffusion thermique dans les liquides. Limites du coefficient de Soret.* Note de M. **Sybren R. de Groot.**

L'effet Soret ([1]) (diffusion thermique dans les phases condensées) dans un mélange binaire s'exprime par le flux de matière de l'espèce 1 (en masse par unité de surface et par unité de temps), composé de deux termes dont le premier traduit la diffusion ordinaire et le second la diffusion thermique

$$J_1 \equiv c_1 v_1 = -D_1\rho\,\text{grad}\,n_1 - D'_1 n_1 n_2\rho\,\text{grad}\,T, \tag{1}$$

où c_1 est le poids du composant 1 par unité de volume, v_1 une vitesse définie par (1), D_1 le coefficient de diffusion ordinaire, $\rho = c_1 + c_2$ la densité,

([4]) Voir Louis de Broglie, *L'Électron magnétique*, p. 146 à 151; *Particules à spin*, pp. 66 à 71.

([1]) Voir S. R. de Groot, *Thèse*, Amsterdam, 1945.

$n_1 = c_1/\rho$, D'_1 le coefficient de diffusion thermique et T la température. Une expression semblable est écrite pour le composant 2

$$J_2 \equiv c_2 v_2 = -D_2 \rho \operatorname{grad} n_2 - D'_2 n_1 n_2 \rho \operatorname{grad} T. \tag{2}$$

De (1) et (2) on déduit pour le flux des diffusions mutuelles

$$\frac{J_1}{c_1} - \frac{J_2}{c_2} = v_1 - v_2 = -D_{12} \frac{\operatorname{grad} n_1}{n_1 n_2} - D'_{12} \operatorname{grad} T \tag{3}$$

avec

$$D_{12} = D_1 n_2 + D_2 n_1 = D_{21} \quad \text{et} \quad D'_{12} = D'_1 n_2 - D'_2 n_1 = -D'_{21}, \tag{4}$$

les coefficients de diffusion ordinaire et thermique. A l'état stationnaire, où les flux (1), (2) et (3) s'annulent, on a

$$-\frac{\operatorname{grad} \frac{n_1}{n_2}}{\frac{n_1}{n_2} \operatorname{grad} T} = -\frac{\operatorname{grad} n_1}{n_1 n_2 \operatorname{grad} T} = \frac{D'_{12}}{D_{12}} = -\frac{D'_{21}}{D_{21}} = \frac{D'_1}{D_1} = -\frac{D'_2}{D_2} = s, \tag{5}$$

qu'on appelle le coefficient de Soret s.

Dans sa théorie des molécules encagées, K. Wirtz (²) trouve pour un mélange binaire de composants non chargés :

$$s = \frac{Q_1^\star - Q_2^\star}{kT^2}, \tag{6}$$

avec les *chaleurs de transport* $Q_1^\star = q_{D_1} - q_{A_1}$ et $Q_2^\star = q_{D_2} - q_{A_2}$, où q_D est une énergie (positive) qui contrarie le détachement d'une particule de sa position de départ, et où q_A est l'énergie (positive) nécessaire pour la formation d'un trou à la nouvelle position d'équilibre, où arrive la particule. On a encore la relation thermodynamique pour systèmes à pression uniforme :

$$n_1 Q_1^\star + n_2 Q_2^\star = 0 \tag{7}$$

et pour les coefficients de diffusion ordinaire :

$$\frac{d \ln D_1}{dT} = \frac{q_1}{kT^2} \tag{8}$$

et

$$\frac{d \ln D_2}{dT} = \frac{q_2}{kT^2}, \tag{9}$$

avec $q_1 = q_{D_1} + q_{A_1}$ et $q_2 = q_{D_2} + q_{A_2}$ les énergies d'activation.

On peut toujours faire la convention $s > 0$, c'est-à-dire que le corps 1 se concentre à la partie froide [*cf.* (5)]. Si l'on ne connaît pas s, mais bien $D_1(T)$ et $D_2(T)$ [ou les mobilités $U_1(T)$ et $U_2(T)$, dont la relation de Fokker-Einstein donne le rapport avec les coefficients de diffusion ordinaire : $D_1 = kTU_1$ et

(²) *Phys. Z.*, **44**, 1943, p. 221; K. Wirtz et J. W. Hiby, *Phys. Z.*, **44**, 1943, p. 369.

$D_2 = kTU_2$], on peut indiquer (8) + (9) comme *limite supérieure* de s parce que

$$(10) \qquad q_1 + q_2 = q_{D_1} + q_{A_1} + q_{D_2} + q_{A_2} > q_{D_1} - q_{A_1} - q_{D_2} + q_{A_2} = Q_1^\star - Q_2^\star,$$

vu que tous les q sont positifs. Donner une limite inférieure de s requiert de nouvelles hypothèses. Envisageons le cas de molécules isotopes. Le rayon effectif de la molécule lourde est en général plus petit que celui de la molécule légère, par suite du fait que les amplitudes des oscillations internes d'une molécule lourde sont plus petites que celles des molécules légères. On peut admettre les hypothèses suivantes (1 est la molécule lourde) :

1° $q_{D_1} > q_{D_2}$, parce que les molécules lourdes sont en général mieux liées dans leurs cages que les molécules légères, à cause des plus petits rayons géométriques des premiers;

2° $q_{A_1} < q_{A_2}$, comme suite de la différence des dimensions des trous à former. (On a donc bien $s > 0$, ce qui veut dire ici que les molécules lourdes se meuvent de préférence vers la partie froide.) Il se peut que les inégalités citées ne soient pas valables pour certains corps et dans certaines circonstances, mais il semble néanmoins que, même pour l'eau où il y a une préférence pour une structure peu serrée aux basses températures et autour de l'isotope lourd (qui a les plus faibles vibrations), les hypothèses ci-dessus ne soient pas infirmées. Avec ces deux hypothèses on a comme *limite inférieure* de s la valeur absolue de (8) — (9), parce que

$$(11) \quad |q_1 - q_2| = |(q_{D_1} - q_{D_2}) - (q_{A_2} - q_{A_1})| < (q_{D_1} - q_{D_2}) + (q_{A_2} - q_{A_1}) = Q_1^\star - Q_2^\star,$$

à cause du fait que les différences entre parenthèses sont positives.

On peut donc estimer l'ordre de grandeur de s, même quand celle-ci n'a pas été mesurée. Il est pourtant plus important pour la théorie des liquides de contrôler la validité des modèles admis (structure quasi cristalline des liquides) et des hypothèses proposées en mesurant s, $D_1(T)$ et $D_2(T)$ tous les trois, puisqu'on peut alors tirer les quatre énergies q_{D_1}, q_{A_1}, q_{D_2} et q_{A_2} des relations (6), (7), (8) et (9).

THERMODYNAMIQUE. — *Étude de l'évaporation de l'eau distillée en surface libre et en air calme.* Note [1] de M^me **Dhetty Blet** et M. **Georges Blet**, présentée par M. Jean Cabannes.

1° Cette étude a eu pour objet l'influence des dimensions des cuves sur la masse d'eau évaporée et la température du liquide.

Les mesures d'évaporation et de température ont porté sur huit cuves métalliques, de hauteurs variables et d'un même diamètre égal à 53^{mm}. Les masses évaporées sont mesurées au demi-milligramme et atteignent, selon les condi-

[1] Séance du 4 août 1947.

tions atmosphériques, 100 à 300^{mg} à l'heure. Les températures sont mesurées au 1/20^e de degré à l'aide d'un thermocouple de très petite dimension, associé à un galvanomètre de grande sensibilité.

2° Pour une même surface, l'évaporation croît avec la hauteur de la cuve (*fig.* 1). La température de l'eau est uniforme et elle croît avec la hauteur des cuves utilisées (*fig.* 2).

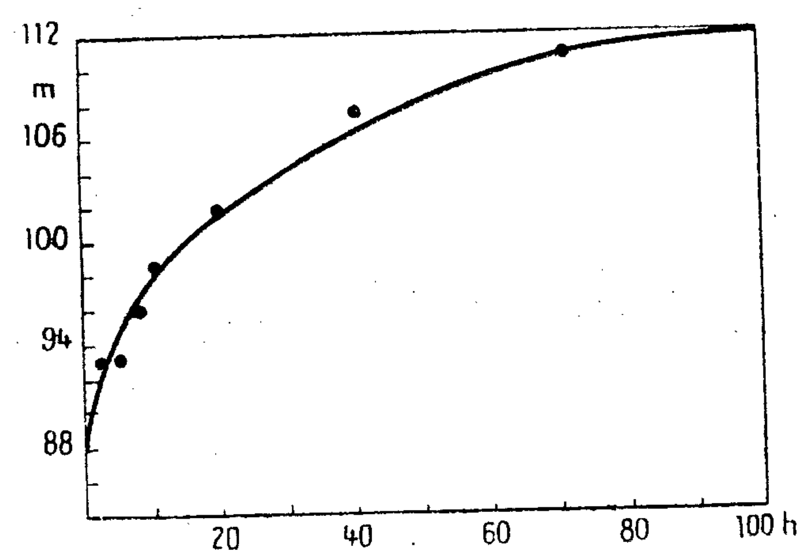


Fig. 1.

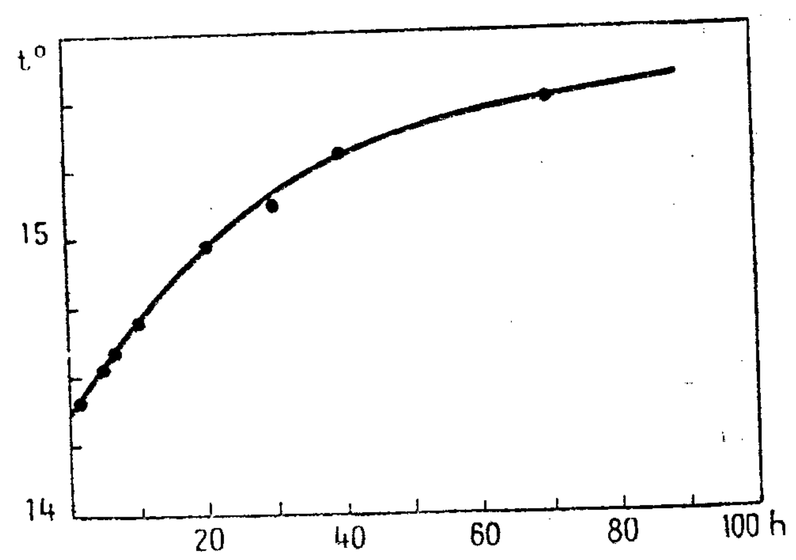


Fig. 2.

Si les cuves sont calorifugées, la température est identique pour toutes, donc indépendante de la hauteur.

3° En partant de l'expression classique de Dalton

$$m = A\frac{p_e - p_r}{H}S, \tag{1}$$

m, masse d'eau évaporée; A, constante; H, pression atmosphérique; S, surface d'évaporation; p_e et p_r respectivement les tensions maxima de vapeur à la température de la surface de l'eau et à la température du point de rosée, on obtient la relation suivante, reliant la masse d'eau évaporée à la température de l'eau :

$$m = AS\left[\frac{1}{2}\cdot\frac{10^{0,027t_e} - 10^{0,027t_m}}{H} + K(t_s - t_m)\right], \tag{2}$$

m, H et S ayant la même signification que précédemment; A et K, deux constantes mesurées, respectivement égales à 9,58 mg/cm²/heure et 0,0008 en inverse de degrés centigrades; t_e, t_m et t_s, températures respectives de l'eau, du thermomètre mouillé et du thermomètre sec.

En posant : $m = AS(x + y)$, x et y représentant respectivement les termes du crochet de l'équation (2), on remarque que cette expression est linéaire en m et x, ce que vérifient pleinement les résultats expérimentaux.

Enfin, en écrivant que le bilan énergétique d'une cuve est nul en régime permanent, on obtient la relation suivante :

$$\left(\frac{h}{r} + \alpha\right)(t_s - t_e) = B\left[\frac{1}{2}\cdot\frac{10^{0,027t_e} - 10^{0,027t_m}}{H} + K(t_s - t_m)\right]. \tag{3}$$

h, hauteur de la cuve; r, rayon des cuves; B, constante mesurée égale à 8,17 en degrés centigrades; α, coefficient numérique mesuré, égal à 1,43 avec $\alpha = (\gamma + \delta)/(2\beta)$; γ, δ et β, coefficients d'échange thermique en calories/cm²/degré/minute, respectivement relatifs à la face inférieure, à la face supérieure et aux parois verticales. En écrivant cette expression (3) sous la forme $h/r + \alpha = Bf(t_e)$, on constate qu'elle est linéaire en h et $f(t_e)$ ce que confirment les résultats expérimentaux.

Remarques. — 1° La masse d'eau étant à une température uniforme n'intervient pas par sa capacité calorifique, mais seulement par le fait que sa conductibilité et les courants de convection dont elle est le siège permettent une égalisation rapide des températures. Une cuve de faible épaisseur, prolongée par un cylindre métallique massif, se comporterait donc de la même manière qu'une cuve normale de hauteur totale identique.

2° Il se peut que la température de l'eau ne soit pas rigoureusement indépendante des dimensions géométriques absolues de la cuve, les courants de convection dans l'air au contact de la surface libre dépendant vraisemblablement de l'étendue de celle-ci, ce qui reviendrait à modifier la valeur de la constante α.

Conclusion. — Le phénomène peut s'interpréter comme suit : la température de l'eau doit se fixer à une température d'autant plus voisine de la température ambiante que la masse d'eau est plus grande, la surface de contact avec le milieu extérieur étant elle-même plus grande, permettant un apport plus considérable de calories de la part de l'air environnant.

PYROTECHNIE. — *Sur la relation entre la température des gaz émis par une poudre colloïdale et sa vitesse de combustion.* Note de MM. **Henri Muraour** et **Gabriel Aunis**, transmise par M. Albert Michel-Lévy.

Nous avons montré, il y a déjà longtemps [1], qu'il existe une relation entre la température absolue des gaz émis par une poudre colloïdale (composée de nitrocellulose, de nitroglycérine et de centralite) et sa vitesse de combustion. Cette vitesse (diminution d'épaisseur des brins en millimètres par seconde sous pression constante de 1000^{kg} par centimètre carré) pouvant être calculée à partir de la température d'explosion T par la formule

$$\operatorname{Log} V = 1,37 + 0,27\left(\frac{T}{1000}\right).$$

La température T est ici calculée dans l'hypothèse que l'équilibre thermodynamique est déjà atteint dans la couche de passage en contact avec la poudre. Différents faits expérimentaux nous ont amenés à mettre en doute la validité de cette hypothèse, en particulier les expériences de Libessart.

(1) *Comptes rendus*, 187, 1928, p. 289; *Chimie et Industrie*, vol. 50, 1943, pp. 105-168; *Mémorial de l'Artillerie française*, 20, 3e fasc., 1946, p. 637.

Des températures plus élevées pourraient être atteintes si la décomposition de la poudre s'effectuait en plusieurs phases, par exemple :

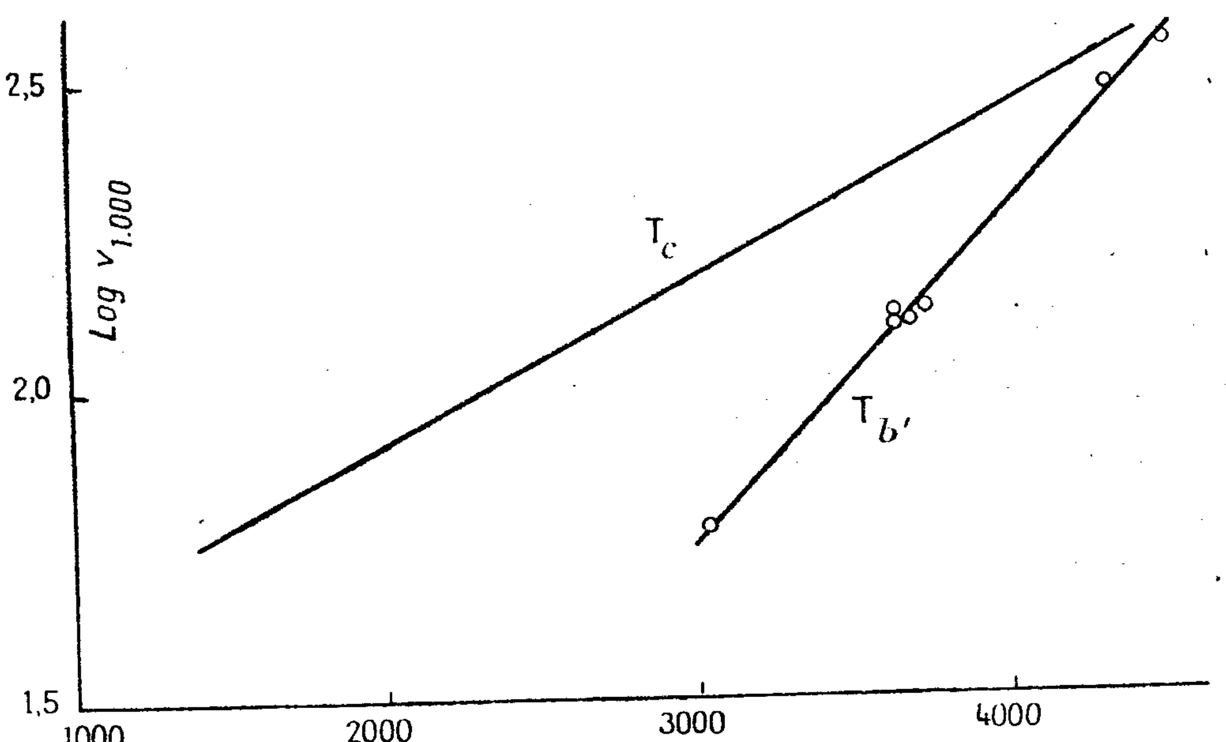
Phase A. — Tout l'azote nitrique est libéré sous forme de NO, le reste de l'oxygène brûle d'abord l'hydrogène, puis le carbone en oxyde de carbone.

Phase B. — Le NO brûle l'oxyde de carbone en acide carbonique. S'il reste du NO libre après oxydation de l'oxyde de carbone (cas des deux premières poudres du tableau A), il oxyde une partie du carbone en CO dans une phase B'.

Phase C. — Le carbone libre réagit sur la vapeur d'eau et l'acide carbonique et l'équilibre thermodynamique s'établit.

Sur le tableau A, annexé à cette Note, nous avons, pour différents types de poudres, indiqué les températures calculées dans ces différentes hypothèses. On remarquera que les températures B et B' sont, pour les poudres *froides*, très supérieures aux températures calculées dans l'hypothèse de l'équilibre thermodynamique, l'écart pouvant atteindre + 1500°. Cet écart serait naturellement nul pour une poudre à très haute température à combustion complète en $CO_2 + H_2O$.

On pouvait se demander si, entre la température calculée dans la nouvelle hypothèse, après disparition complète du NO (phase B') et la vitesse de combustion, il existe une relation aussi simple que celle que nous avons trouvée entre la température C (équilibre thermodynamique) et cette même vitesse de combustion. *Le graphique ci-joint montre qu'il en est bien ainsi : le log de* V



étant ici encore une fonction linéaire de T, ce qui prouve qu'il existe entre les températures B' et C une relation linéaire, comme il est facile de le vérifier sur un graphique. Il en résulte que la vitesse de combustion de la poudre peut être calculée à partir de la température B' (disparition du NO) par la formule

$$\operatorname{Log} V = 0{,}13 + 0{,}54\left(\frac{T_{B'}}{1\,000}\right).$$

Remarquons en terminant que les hypothèses formulées permettent de comprendre comment la combustion des poudres *froides* peut, dans certaines conditions, donner naissance à un dépôt de carbone plus abondant que celui que faisait prévoir le calcul exécuté dans l'hypothèse de l'équilibre thermodynamique.

Le poids de carbone libre pour 100^g de poudre dans la phase B′ peut être calculé à partir de la température dans la phase B′ par la formule

$$C\,\% = 72,5 - 15,4\left(\frac{T_{B'}}{1000}\right).$$

TABLEAU A.

	Poudre utilisée.							
	Nitrocellulose		Nitroglycérine	Centralite				
Nos	taux d'azote.	(%).	(%).	(%).	$T_{A'}$.	T_B.	$T_{B'}$.	T_C.
1...	11,7	60	20	20	1768	2557	3029	1496
2...	12	43,6	43,1	13,3	1798	3464	3687	2726
3...	11,7	64,4	27,4	8,2	1688	3643		2698
4...	11,7	68,6	24,7	6,7	1660	3637		2750
5...	12,6	62	28	10	1737	3737		2801
6...	12	50	50	0	1698	4328		4117
7...	12	40	60	0	1713	4511		4356

A partir de la poudre n° 3, la proportion d'oxyde de carbone est suffisante pour réduire entièrement le NO. Les deux phases B et B′ sont donc remplacées par une seule que nous désignerons par B′ puisqu'elle correspond à la disparition complète du NO.

Pour la poudre la plus *froide*, le dépôt de carbone peut, dans la phase B′, représenter 26 % du poids de la poudre.

ÉLECTRONIQUE. — *Pouvoir émissif secondaire vrai des métaux.* Note de M. **Pierre Palluel**, présentée par M. Camille Gutton.

La détermination expérimentale directe d'une relation simple entre le pouvoir émissif secondaire d'un métal et son ionisation par un faisceau d'électrons primaires est rendue difficile, à basse énergie, par la complexité des facteurs liés à la pénétration des rayonnements primaire et secondaire, à haute énergie par l'importance croissante de la composante rediffusée.

Des mesures simultanées, à énergie primaire élevée, des coefficients d'émission secondaire totale δ et de rediffusion r permettent de définir une quantité $s = \delta - r$ qui représente avec une approximation satisfaisante la composante due à l'ionisation. En déduisant de s un terme correctif dû à l'ionisation en retour par les rediffusés, il est possible d'exprimer un pouvoir émissif secondaire vrai σ, correspondant à l'ionisation par le seul passage du faisceau primaire.

Une évaluation précise du terme correctif devrait être basée sur la connaissance exacte des distributions des vitesses et des directions dans le faisceau rediffusé, ainsi que des rapports de ces facteurs avec le pouvoir émissif. A défaut, une solution approchée de cette estimation consiste à supposer le faisceau rediffusé doué d'une émergence normale à la surface et d'une énergie moyenne E_r différant de l'énergie primaire E_p par un coefficient $\theta = (E_r/E_p)$. Ce coefficient, inférieur à 1, est fonction de la nature du métal et de l'énergie primaire, mais, selon des résultats de P. B. Wagner (¹), peu variable avec ces facteurs, et de l'ordre de 0,8.

A haute énergie, où r tend vers une valeur constante caractéristique (²), les relations entre s et σ prennent la forme simple suivante :

$$\text{(1)} \qquad \left\{ \begin{array}{l} \sigma_{E_p} = s_{E_p} - r\,\sigma_{\theta E_p}, \\ \sigma_{\theta E_p} = s_{\theta E_p} - r\,\sigma_{\theta^2 E_p} \qquad \ldots, \end{array} \right.$$

d'où

$$\text{(2)} \qquad \sigma_{E_p} = s_{E_p} - r\,s_{\theta E_p} + r^2 s_{\theta^2 E_p} - r^3 s_{\theta^3 E_p} + \ldots,$$

relation exprimant le pouvoir émissif secondaire vrai σ en fonction de r et d'une suite de valeurs de $s = \delta - r$. Cette série converge rapidement pour les éléments légers (r petit). Pour les éléments lourds, un nombre élevé de termes devient nécessaire, ce qui impose des valeurs de E_p assez élevées pour que les relations du type (1) restent valables.

Le calcul précédent a été appliqué jusqu'à $E_p = 20000$ eV à une série d'éléments : C, Ca, Cr, Ni, Fe, Ge, Ag, Sn, Ta, W. La relation obtenue $\sigma = f(E_p)$, exprimée en coordonnées logarithmiques, présente, à partir de 5000 eV environ, une variation linéaire dont la pente est égale à -1. Par suite, la fonction cherchée est de la forme $\sigma = k/E_p$.

Ce résultat est en accord avec une expression théorique calculée par R. Bruining (³) : $\sigma = K . a/2\alpha E_p$, où K est une constante représentant le pouvoir ionisant pour la substance considérée, α un coefficient d'absorption des électrons secondaires et a le coefficient d'absorption de l'énergie primaire défini par la loi de Whiddington. D'après cette loi, la quantité d'énergie cédée par le faisceau primaire par unité de longueur dans la substance est inversement proportionnelle à l'énergie incidente. Le résultat précédent justifie ainsi, dans le cas des métaux et pour les énergies utilisées, l'application de la loi de Whiddington et la conception d'une épaisseur efficace délivrant la quasi-totalité du rayonnement secondaire vrai. La vérification d'une correspondance numérique entre les résultats théoriques et expérimentaux reste subordonnée à une connaissance

(¹) *Phys. Rev.*, **35**, 1930, p. 98.

(²) P. Palluel, *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 1492.

(³) *Die Sekundäremission fester Körper*, Springer, Berlin, 1941.

plus précise des facteurs intervenant dans le calcul de Bruining et dans les théories de Thomson et de Bethe pour l'ionisation.

Le parallélisme observé entre les représentations logarithmiques des courbes $\sigma = k/E_p$ relatives à différents métaux contraste avec la divergence de celles représentant les variations du coefficient d'émission secondaire total, pour lesquelles P.-L. Copeland ([4]) et R. Warnecke ([5]) avaient noté des différences en relation avec le numéro atomique. La présente constatation montre que, comme prévu ([2]), les divergences en question sont à attribuer essentiellement à l'effet de la composante rediffusée. C'est seulement lorsque celle-ci est très faible, c'est-à-dire pour les éléments les plus légers, que l'émission secondaire totale δ se rapproche d'une variation en k/E_p.

D'une manière générale, δ est approximativement représenté aux énergies primaires élevées par une expression de la forme :

$$\delta = r + \left(1 + \frac{r}{\theta}\right)\frac{k}{E_p}.$$

CHIMIE APPLIQUÉE. — *Le gonflement des mortiers de plâtre.*
Note de M. **Louis Chassevent**, présentée par M. Pierre Jolibois.

Nous avons mesuré, au moyen de l'appareil décrit précédemment ([1]), les gonflements qui accompagnent le durcissement de mortiers préparés en mélangeant 100^g de plâtre semi-hydraté avec 40 à 100^g d'eau et 0 à 165^g de sable fin de rivière (grains de 0,2 à 1^{mm} de diamètre).

Nous avons ainsi constaté que :

1° Les gonflements résultant de l'hydratation totale du plâtre ont varié de 1,2 à 5^{mm} par mètre suivant la composition de ces mortiers.

2° L'addition de sable à une pâte de plâtre et d'eau a pour effet de réduire la contraction au début de l'épaississement. Il en résulte que le gonflement apparaît plus tôt avec les mortiers qu'avec la pâte ne contenant pas de sable, surtout lorsque celle-ci est très fluide, ainsi que le montre la figure ci-après.

3° Le gonflement des mortiers n'est pas proportionnel au poids de plâtre réhydraté par unité de volume du mortier durci, fait déjà signalé par MM. Cocagne et Manley ([2]). Ainsi des mortiers contenant tous après durcissement 856^g de gypse par litre avaient gonflé, suivant les proportions de sable et d'eau, de 2,6 à 4^{mm},9 par mètre lorsque les mortiers avaient été recouverts d'eau et de 1,2 à 3^{mm},9 lorsque les mortiers n'avaient pas été recouverts d'eau.

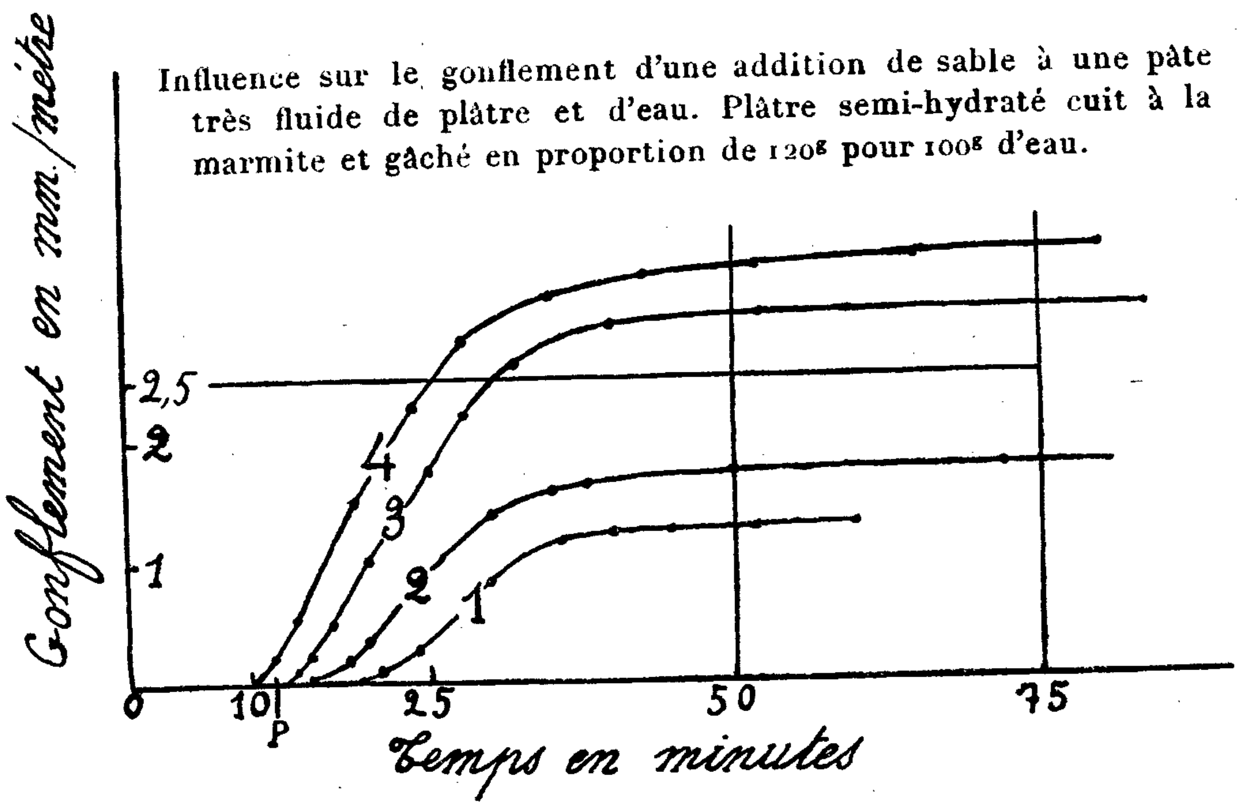
4° Le gonflement des mortiers de plâtre dépend essentiellement du rapport

---

([4]) *Phys. Rev.*, **46**, 1934, p. 167.
([5]) *L'Onde électrique*, **16**, 1937, p. 524.

([1]) *Comptes rendus*, **225**, 1947, p. 243.
([2]) *Revue des Matériaux de construction*, 1946, p. 118.

du poids de plâtre au poids d'eau de gâchage et par conséquent de la quantité de liant qui s'est hydraté par unité du volume compris entre les grains de sable.



Composition de la pâte.

	Plâtre.	Eau.	Sable.	
Courbe 1	120g	100g	0g	pas recouvertes d'eau.
» 2	120	100	120	
» 3	120	100	0	recouvertes d'eau.
» 4	120	100	120	

5° Pour un même rapport du poids de plâtre au poids d'eau de gâchage, la différence entre le gonflement du mortier et celui de la pâte ne contenant pas de sable a été généralement inférieure à 30 %. Cette différence paraît être due à ce que l'addition de sable réduit la contraction des pâtes très fluides pendant les premières minutes de l'épaississement.

Comparaison des gonflements de mortiers et de pâtes sans sable.

Rapports (en poids).		Gonflements (en mm/m).	
$\frac{\text{Plâtre}}{\text{Eau}}$.	$\frac{\text{Sable}}{\text{Plâtre}}$.	Pâtes recouvertes d'eau.	Pâtes non recouvertes d'eau.
1,20	1,00	3,70	1,78
1,20	0	3,05	1,32
1,28	0,58	3,45	1,80
1,28	0	3,10	1,50
1,78	1,16	4,35	2,50
1,78	0	3,75	2,30
2,20	1,00	3,73	3,00
2,20	0	4,11	3,12
2,50	1,65	4,90	3,91

En résumé, le gonflement qui accompagne le durcissement des mortiers de plâtre peut être assimilé à la dilatation d'un squelette formé par le liant hydraté entre les grains de sable. Le gonflement de ce squelette poreux dépend non pas de sa masse, mais de sa compacité et, par conséquent, du rapport du poids de plâtre au poids d'eau de gâchage du mortier.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action réductrice et condensatrice de la potasse benzylique sur la méthyl-4 pentanone-2*. Note de M^lle **Noële Épinay** et M. **Pierre Mastagli**, présentée par M. Marcel Delépine.

Comme l'a montré l'un de nous (1), la potasse benzylique exerce sur les cyclanones une influence réductrice et condensatrice. Il était donc intéressant d'étendre cette réaction aux cétones linéaires. Nous avons appliqué notre méthode à une cétone bien connue : la méthyl-4 pentanone-2. En ce cas, on obtient comme produits finals deux alcools différents, selon qu'un ou deux radicaux benzyles se condensent sur la cétone de départ.

Ce sont le méthyl-5 phényl-1 hexanol-3, $C_{13}H_{20}O$,

$$C_6H_5.CH_2.CH_2.CHOH.CH_2.CH(CH_3).CH_3,$$

et le méthyl-5 phényl-1 benzyl-4 hexanol-3, $C_{20}H_{26}O$,

$$C_6H_5.CH_2.CH_2.CHOH.CH(CH_2.C_6H_5).CH(CH_3)CH_3.$$

Partie expérimentale. — On chauffe à ébullition 100^g de méthyl-4 pentanone-2 avec 204^g d'alcool benzylique et 91^g de potasse sèche, dans un ballon de cuivre surmonté d'un réfrigérant à reflux. On maintient l'ébullition pendant 4 heures. On laisse refroidir. On extrait au benzène les produits organiques. On sèche sur sulfate de sodium anhydre et l'on distille. On isole ainsi sous 12^{mm} jusqu'à 110° la méthylpentanone n'ayant pas réagi et une partie de l'alcool benzylique de départ. On a un palier important entre 140° et 160°. Le reste du produit est brutalement distillé jusqu'à 270°. Cette partie cristallise dans le récepteur, la partie qui passe entre 140° et 160° sous 12^{mm} est redistillée et l'on obtient un palier constant à 151° sous 15^{mm}.

Ce corps purifié est l'alcool méthyl-5 phényl-1 hexanol-3. Ses constantes sont : $É_{15}$ 151°, n_D^{24} 1,5010, D_4^{24} 0,940.

Pour prouver sa structure, nous avons refait ce corps par synthèse. La condensation de l'aldéhyde benzoïque en milieu alcalin conduit à la méthyl-5 phényl-1 hexène-1 one-3. Les constantes de cette cétone sont (2) : $C_{13}H_{16}O$, $É_{18}$ 166°, n_D^{22} 1,5540, D_4^{20} 0,979; dinitrophénylhydrazone F 139°.

Le corps hydrogéné en présence du nickel Raney à 90° sous 60 atmosphères est transformé en cétone saturée : la méthyl-5 phényl-1 hexanone-3 déjà décrite par Senderens (3). Il possède les mêmes constantes : D_4^0 0,9620, $É_{760}$ 266°,7, n_D^{22} 1,4960.

(1) P. Mastagli, A. Charreire et P. Lambert, *Comptes rendus*, **221**, 1945, p. 749.

(2) C. V. Gheorghiu et B. Arventiew, *Jour. prakt. Chemie*, **118**, 1928, pp. 295-302.

(3) Senderens, *Bull. Soc. Chim.*, 4e série, **9**, 1911, p. 952.

Senderens signale qu'il n'a pas pu obtenir de dérivés cristallisés. Nous avons cependant pu faire sa dinitrophénylhydrazone F 127°. Cette cétone hydrogénée par le sodium et l'alcool donne l'alcool obtenu dans notre condensation et fixe ainsi sa structure.

Nous espérions obtenir ce dernier alcool par hydrogénation catalytique sur nickel Raney de la cétone correspondante. En fait, si l'on élève la température, on hydrogène le noyau benzénique avant de réduire complètement la fonction cétone. C'est ainsi que nous avons obtenu, en hydrogénant à 180° sous 90 atmosphères l'alcool cyclanique correspondant : le méthyl-5 cyclohexyl-1 hexanol-3 $C_{13}H_{26}O$: $\acute{E}_{18}$ 149°, n_D^{25} 1,4690, D_4^{20} 0,896.

Une hydrogénation plus poussée, à 240° sous 250 atmosphères, conduit au carbure cyclanique : le méthyl-5 cyclohexyl-1 hexane $C_{13}H_{26}$: $\acute{E}_{760}$ 230°, n_D^{22} 1,4480, $D_4^{19,5}$ 0,814.

Le deuxième corps obtenu dans la condensation est un alcool solide fondant à 130°. Oxydé, il fournit une cétone dont le point de fusion est 118°. Nous pouvons lui attribuer probablement la constitution du méthyl-5 phényl-1 benzyl-4 hexanol-3.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la condensation de l'acide phénylpyruvique avec la benzylméthylcétone.* Note de M. **Paul Cordier**, présentée par M. Marcel Delépine.

Poursuivant nos recherches sur la réactivité de l'acide phénylpyruvique vis-à-vis des cétones, nous avons examiné le comportement de cet acide α-cétonique avec la benzylméthylcétone.

I. En milieu alcalin (soude, potasse) et en solution hydroalcoolique, l'acide phénylpyruvique se condense moléculairement avec la benzylméthylcétone pour donner un acide alcool cétonique. Il est possible théoriquement de prévoir trois modes de condensation selon la mobilité envisagée d'un hydrogène du groupement $>CH_2$ de l'acide α-cétonique, des groupements $>CH_2$ ou $-CH_3$ de la cétone : d'où les trois schémas hypothétiques :

$$\begin{array}{c} C_6H_5.CH.CO.COOH \\ | \\ C_6H_5.CH_2.C(OH).CH_3 \\ \text{(I).} \end{array} \qquad \begin{array}{c} C_6H_5.CH_2.C(OH).COOH \\ | \\ C_6H_5.CH.CO.CH_3 \\ \text{(II).} \end{array} \qquad \begin{array}{c} C_6H_5.CH_2.C(OH).COOH \\ | \\ C_6H_5.CH_2.CO.CH_2 \\ \text{(III).} \end{array}$$

Les propriétés du corps isolé nous laissent penser que celui-ci doit répondre au schéma (III).

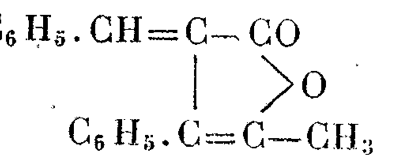
En principe, nous avons isolé le composé dans les conditions suivantes : « Nous avons mis en contact une molécule d'acide phénylpyruvique avec une molécule de benzylméthylcétone en milieu homogène hydro-alcoolique et en présence de deux molécules de soude ou de potasse; au bout de 7 jours nous avons acidifié le mélange et, après extraction éthérée, nous avons isolé les composés acides au moyen du bicarbonate de potassium; l'acidification de la solution alcaline donne un précipité résineux qui ne tarde pas à cristalliser. Le produit ainsi obtenu est constitué par un mélange de l'acide formé au cours de la condensation et d'acide phénylpyruvique ainsi qu'en témoigne la coloration bleue intense obtenue en solution alcoolique avec le perchlorure de fer. Nous avons réalisé la séparation des deux corps en utilisant la propriété de l'acide α-cétonique de donner une combinaison avec le bisulfite de sodium [1]. Le mélange acide se dissout dans une solution concentrée de sulfite

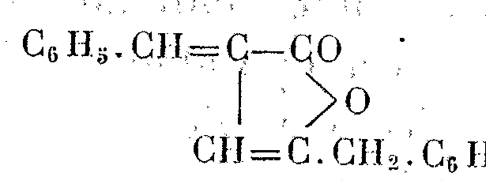
[1] M^lle Hemmerlé, *Thèse de Doctorat en Pharmacie*, Paris, 1917, p. 12.

neutre de sodium, mais peu à peu apparaît un précipité formé par le sel de sodium de l'acide cherché peu soluble dans l'eau. Ce sel, isolé par filtration, est redissous dans l'eau chaude; par acidification on obtient l'acide que l'on peut purifier à nouveau par dissolution dans le benzène à l'ébullition et cristallisation à froid.

Le produit ainsi obtenu ne donne aucune coloration avec le perchlorure de fer; le rendement est de l'ordre de 40 %. Ce corps répond analytiquement à la composition $C_{18}H_{18}O_4$, F 128°. Il est peu stable en milieu alcalin et se décompose en régénérant l'acide phénylpyruvique et la benzylméthylcétone. Il est peu soluble dans l'eau, très soluble dans l'alcool à 95°, l'éther, insoluble dans le benzène à froid, très soluble à chaud.

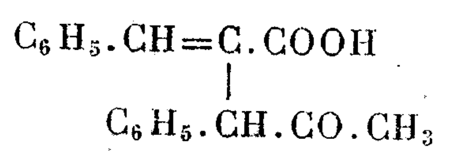
II. Chauffé en milieu acétique avec de l'acide chlorhydrique, l'acide obtenu donne naissance à un composé neutre cristallisant en belles aiguilles incolores, F 102°; l'analyse, ses propriétés correspondent à la structure d'une lactone $C_{18}H_{14}O_2$ représentée par l'un des schémas (IV) ou (V) :

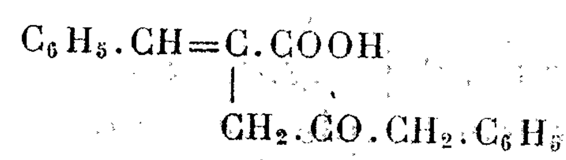

(IV).


(V).

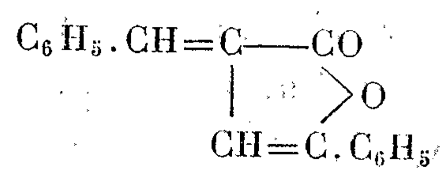
Il y a donc, à partir de l'acide alcool cétonique initial, déshydratation et lactonisation aux dépens de la fonction acide et de l'oxhydrile énolique dérivé de la fonction cétone.

Sous l'action des alcalis la lactone donne un acide éthylénique de formule $C_{18}H_{16}O_3$, F 130°, de structure (VI) ou (VII) :


(VI).


(VII).

Nous retrouvons au cours de cette étude une analogie avec l'acide alcool cétonique obtenu par condensation de l'acide phénylpyruvique avec l'acétophénone ([2]), ce corps donnant naissance à une lactone jaune de contitution



Dans le but de préciser la structure de l'acide éthylénique nous avons étudié l'action de l'hypochlorite de sodium et de l'hypobromite de sodium, réactifs qui, comme on le sait, transforment le groupement — $CO.CH_3$ en acide avec formation de chloroforme ou de bromoforme. Cette réaction a été utilisée par nous avec profit dans le cas des composés obtenus à partir des acides résultant de la condensation de l'acétone avec les acides benzyl ([3]) et phénylpyruvique ([4]).

([2]) P. Cordier, *Comptes rendus*, **202**, 1936, p. 1440.

([3]) P. Cordier, *Comptes rendus*, **186**, 1928, p. 870; *Thèse Doc. ès Sciences Phys.*, Paris, 1931, p. 29.

([4]) P. Cordier, *Comptes rendus*, **209**, 1939, p. 49.

Dans le cas particulier examiné nous n'avons pas observé de formation de chloroforme ou de bromoforme et nous n'avons pas isolé de diacide correspondant. Nous pensons donc que l'acide éthylénique doit avoir une structure répondant au schéma (VII); il s'ensuit que nous devons admettre pour la lactone le schéma (V) et pour l'acide alcool cétonique initial le schéma (III).

III. Sous l'action de l'acide sulfurique concentré à une température de 40-45°, l'acide alcool cétonique (III) se dégrade avec départ de H.COOH, c'est-à-dire de $CO+OH_2$, et il se forme une β-dicétone de structure probable $C_6H_5—CH_2—CO—CH_2—CO—CH_2—C_6H_5$, F 58-59°, à côté d'un peu de lactone (V). Nous avons séparé les deux corps par différence de solubilité dans l'alcool éthylique, la lactone étant beaucoup moins soluble, et aussi en utilisant la propriété de la β-dicétone de donner avec les sels de cuivre, par exemple l'acétate de cuivre, une combinaison cuivrique violette insoluble dans l'eau et dans l'alcool et décomposable en milieu chlorhydrique concentré avec régénération de la β-dicétone. Ce corps donne en solution alcoolique une intense coloration rouge bordeaux.

Cette action de l'acide sulfurique confirme la structure d'acide α-alcool du composé étudié.

GÉOPHYSIQUE. — *Le spectre de l'hélium ionisé* He II *dans l'aurore boréale*. Note (¹) de M. **René Bernard**, présentée par M. Jean Cabannes.

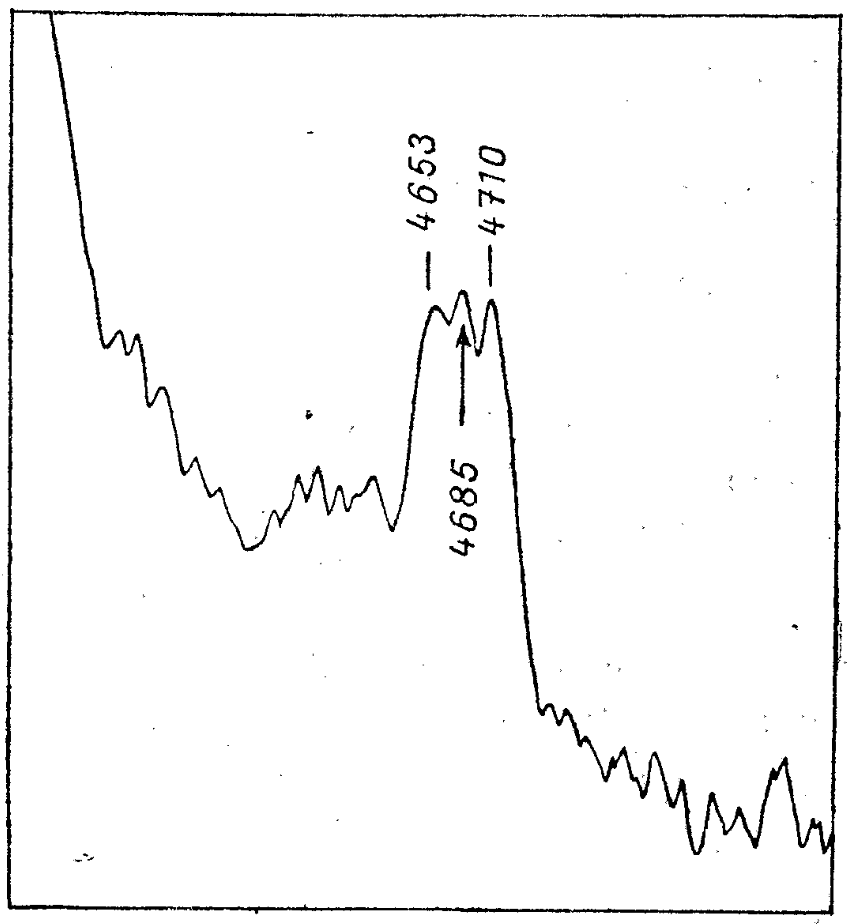
Comme je l'ai déjà signalé autre part (²), le spectre de la base des aurores a un caractère très simple; en dehors des raies verte et rouge de OI, il contient presque exclusivement des radiations attribuables aux bandes N_2 (1P), N_2 (2P) et N_2^+ de la molécule d'azote. La limite supérieure des manifestations aurorales se distingue au contraire par un spectre plus riche, caractérisé essentiellement par le renforcement des bandes N_2 (A → X), dites bandes de Vegard-Kaplan, et de la radiation N I ($^2P \rightarrow {}^4S$), $\lambda = 3466,5$ Å. On y observe également des anomalies d'intensité qui affectent les bandes les plus intenses. A la base des aurores, par exemple, la bande $N_2^+(3,1)$, $\lambda = 4653$ Å est toujours nettement plus faible que sa voisine $N_2^+(2,0)$, $\lambda = 4710$ Å; c'est aussi la répartition qu'on observe lorsqu'on excite de l'azote par choc électronique. Les régions les plus élevées de l'aurore donnent par contre des spectres sur lesquels $N_2^+(3,1)$ apparaît aussi intense que $N_2^+(2,0)$, et cette augmentation d'intensité s'explique par une coïncidence avec la bande N_2 (A → X) (4,16) située à $\lambda = 4652$ Å, elle-même très exaltée en altitude.

Entre les deux bandes précitées, $\lambda = 4710$ Å et $\lambda = 4653$ Å, une nouvelle radiation intense apparaît (*figure*). Sa longueur d'onde, déterminée à partir de

(¹) Séance du 4 août 1947.

(²) *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 1831.

12 mesures, a été trouvée égale à $\lambda = 4685$ Å. Aucune autre interprétation plausible ne se présentant, j'ai attribué cette nouvelle radiation à l'hélium ionisé.



Le premier terme de la série He II a en effet pour longueur d'onde $\lambda = 4685,8$ Å. Le second terme pourrait être observé; il a pour longueur d'onde $\lambda = 3203,16$ Å, malheureusement mon spectrographe en verre uviol absorbait cette radiation, je n'ai donc pas pu vérifier sa présence dans l'aurore. Il convient cependant de signaler que Vegard, travaillant avec un spectrographe de quartz, a relevé la présence d'une radiation $\lambda = 3203,7$ Å, plus intense que ses voisines et qui pourrait bien être, au moins partiellement, attribuée à He II (tableau ci-dessous).

He II λ cal.	λ aurore.	Observations.
4685,16	4685	Invisible à la base, très renforcée au sommet
3203,16	3203,7	(Vegard), plus intense que les voisines, interprétée $N_2(A \rightarrow X)(1,9)$ ou $(7,13)$.

L'observation isolée de la radiation $\lambda = 4685$ Å ne constitue évidemment pas une preuve de la présence de l'hélium ionisé dans la haute atmosphère, mais elle complète admirablement celle des raies He I exposée dans une Note précédente (³).

Ainsi, le spectre des parties les plus élevées des manifestations aurorales se caractérise par trois faits saillants :

1° un renforcement considérable des bandes de Vegard-Kaplan $N_2(A \rightarrow X)$;

2° un renforcement parallèle de la radiation NI($^2P \rightarrow {}^4S$) de l'azote atomique;

3° l'apparition d'une radiation $\lambda = 4685$ Å qui, vraisemblablement, doit être attribuée à l'hélium ionisé.

(³) R. Bernard, *Comptes rendus*, **225**, 1947, p. 352.

OCÉANOGRAPHIE. — *Sur la teneur en oxygène dissous du* milieu intérieur *des vases fluvio-marines.* Note [1] de M. **Claude Francis-Bœuf**, transmise par M. Charles Pérez.

La vase (dépôt actuel marin et fluvio-marin) peut être considérée comme constituée de trois phases [2] :

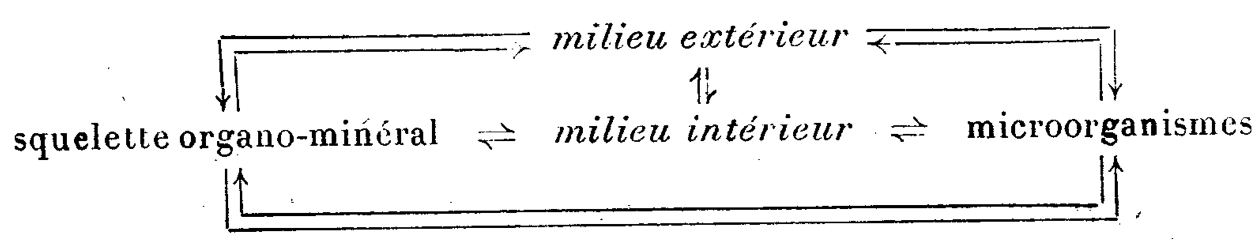
1° Phase organo-minérale, et milieu solide (= squelette);

2° Phase aqueuse (+ de nombreux ions) ou *milieu intérieur*;

3° Phase vivante (microorganismes planctoniques et benthiques et bactéries). En poids, milieu solide et milieu liquide s'équilibrent sensiblement.

Les vases marines, en dehors de la zone intercotidale, sont constamment submergées : or, l'estran n'est que très rarement constitué par de la vase. Par contre la slikke des estuaires est presque toujours vaseuse. Les recherches *in situ* y sont donc beaucoup plus aisées.

Mais, dans l'un et l'autre cas, il existe des échanges et des interactions entre les différentes phases constituantes et entre celles-ci et le *milieu extérieur* (eau de mer ou eau d'estuaire) que l'on pourrait tenter de schématiser ainsi :



L'étude de ces échanges et interactions peut permettre d'analyser l'évolution du sédiment global, tout au moins tant qu'il demeure un dépôt subaquatique. Un aspect de cette étude réside dans la mise en évidence des caractéristiques particulières du milieu intérieur (teneur en sels dissous, teneur en gaz dissous, concentration en ions hydrogène, potentiel d'oxydoréduction, etc.) comparées à celles du milieu extérieur.

Les auteurs russes et allemands ont, il y a longtemps déjà, souligné que les vases constituaient un milieu essentiellement réducteur caractérisé par l'existence de sulfure de fer et de matière organique en voie de décomposition [3]. Plus récemment H. B. Moore [4] signalait que l'eau interstitielle des vases de la Clyde ne contenait pas d'oxygène dissous et que l'oxygène dissous

---

(1) Séance du 18 août 1947.

(2) C. Francis-Bœuf, *Ann. Inst. Océanogr.*, 3e série, 23, 1947, pp. 143-344; *C. R. Sess. extraord. Soc. Belges Géol.*, Bruxelles, 1947, pp. 174-185. Cette division en trois phases semble être un mode d'expression plus complet que celui utilisé précédemment (J. Bourcart et C. Fancis-Bœuf, *La vase* (*Actual. scient.*, Hermann, 1942).

(3) K. Andree, *Geologie des Meeresbodens*, 11, Leipzig, 1920.

(4) *Journ. Mar. Biol. Assoc.*, 2e série, 17, 1931, pp. 325-358.

dans les eaux de submersion était même rapidement absorbé. K. M. Ström (5) montrait que les vases des fjords norvégiens appauvrissaient les eaux en oxygène et allaient jusqu'à produire de l'hydrogène sulfuré, à condition que les eaux soient immobiles et donc peu aérées. Waksman et Hotchkiss (6), puis D. Q. Anderson (7), ont enfin déterminé, pour certaines vases marines, ce qu'ils appellent la *Biochemical oxygen demand* (ou B. O. D.), qu'ils considèrent en partie comme une mesure de la quantité de matière organique (pouvoir réducteur), en partie comme une mesure d'activité biologique.

L'étude du milieu fluvio-marin m'a permis de constater (2), avec d'autres chercheurs d'ailleurs, que les eaux du milieu extérieur étaient toujours oxygénées et même parfois sursaturées, à condition que l'estuaire ne soit pas pollué par des déversements d'origine humaine (ports, égouts, usines, etc.). Il est bon d'ajouter que les eaux d'estuaire sont, de la surface au fond, presque constamment en mouvement par suite des courants de marée et, donc, renouvelées. On pouvait se demander dans quelles conditions on passait d'un milieu extérieur, riche en oxygène, au milieu intérieur des vases.

Dans le but d'éclaircir ce point j'ai effectué des mesures d'oxygène dissous dans le milieu intérieur des vases de la slikke de la Penzé (Finistère), plus précisément au niveau de la cale Saint-Yves, c'est-à-dire près de l'embouchure, où les caractéristiques physicochimiques marines sont très peu modifiées en été (juillet) (2).

On sait que les vases de la slikke possèdent une pellicule superficielle de quelques millimètres d'épaisseur, généralement jaunâtre, riche en algues unicellulaires et particulièrement en Diatomées. Il eût été étonnant que le milieu intérieur de cette pellicule soit complètement dépourvu d'oxygène. Comme l'indiquent les résultats qui suivent, on voit, en effet, que la quantité d'oxygène dissous qu'il contient est encore importante.

	Eau du milieu intérieur.	Niveau voisin de la basse mer.	Niveau mi-marée.	Niveau voisin de la haute mer.	Eau du milieu extérieur.
Oxygène cm³/l ...	3,92	4,27	4,41	9,24	

Par contre, dès que l'on dépasse, en profondeur, les quelques millimètres de la pellicule superficielle, le milieu intérieur de la vase est totalement dépourvu d'oxygène, ainsi que j'ai pu m'en rendre compte par de nombreux dosages, à des profondeurs variées.

Il me semble donc possible de conclure, *que le milieu intérieur des vases d'estuaire ne contient pas d'oxygène dissous libre, mais que, par contre, la pellicule*

(5) *Norske Videnskaps-Akad. i Oslo*, 1 Mat-Naturv. Klasse, n° 7, 1936.
(6) *Journ. of Mar. Research.*, 1, 1937, p. 101.
(7) *Journ. of Mar. Research.*, 11, 1940, p. 229.

superficielle de ces vases est le siège, tout au moins pendant le temps où elle est à découvert, d'une activité biologique (photosynthétique) qui compense, en partie, le grand pouvoir réducteur de ces sédiments organiques et la consommation d'oxygène par les Bactéries. La pellicule superficielle des vases (et leur milieu intérieur) forment donc un écran, ou, si l'on préfère, une zone de passage sous-saturée, entre le milieu extérieur riche en oxygène (sursaturé), et le milieu intérieur de la grande masse des dépôts vaseux, d'où l'oxygène est absent.

PHYSIOLOGIE. — *Méthode de mesure de la pression artérielle de l'artère pulmonaire chez l'Homme par les rayons* X (*Kiné-densigraphie*). Note [1] de M. **Maurice Marchal**, présentée par M. René Leriche.

Nous référant à nos précédentes Notes [2], dans lesquelles nous avons montré que l'on peut enregistrer les pulsations du parenchyme pulmonaire chez l'Homme au moyen des rayons X (kiné-densigraphie), nous décrirons ci-dessous une nouvelle application de ce procédé.

Dès nos premiers enregistrements, nous avons constaté que l'amplitude des pulsations du parenchyme pulmonaire était variable avec la respiration et que pendant l'inspiration, en particulier, cette amplitude croissait.

Cette variation nous semble être due surtout à la variation de pression de l'air intra-alvéolaire, c'est-à-dire qu'à une augmentation de pression de l'air intra-alvéolaire correspond une compression mécanique des artérioles terminales donc en définitive une diminution de l'amplitude pulsatile.

Inversement pendant l'inspiration il y a une diminution de la pression intra-alvéolaire d'où une diminution de la compression des petites artérioles, d'où une plus grande amplitude pulsatile de celles-ci.

Aussi avons-nous recherché à diminuer ou même *à arrêter complètement la pulsatilité* du parenchyme en augmentant artificiellement la pression intra-pulmonaire pendant l'enregistrement du pouls parenchymateux par notre méthode de kiné-densigraphie.

A cet effet nous faisons souffler le sujet dans un manomètre préalablement étalonné et dont les variations sont enregistrées en même temps que les variations du pouls du poumon sur un film gradué. La pression du manomètre correspond à la pression de l'air intra-alvéolaire pour un instant T. Au-dessous de cette courbe de pression est enregistrée l'amplitude correspondante du pouls du poumon au temps T. On assiste ainsi à une diminution progressive de l'amplitude de la pulsation inversement proportionnelle à l'augmentation de pression.

---

(1) Séance du 28 juillet 1947.

(2) *Comptes rendus*, **222**, 1946, p. 973; **222**, 1946, p. 1314.

On peut arriver à l'*extinction complète de la pulsatilité du parenchyme*. A ce moment on a atteint la contre-pression qui équilibre la pression maxima qui existe dans les artérioles.

Fig. 1.

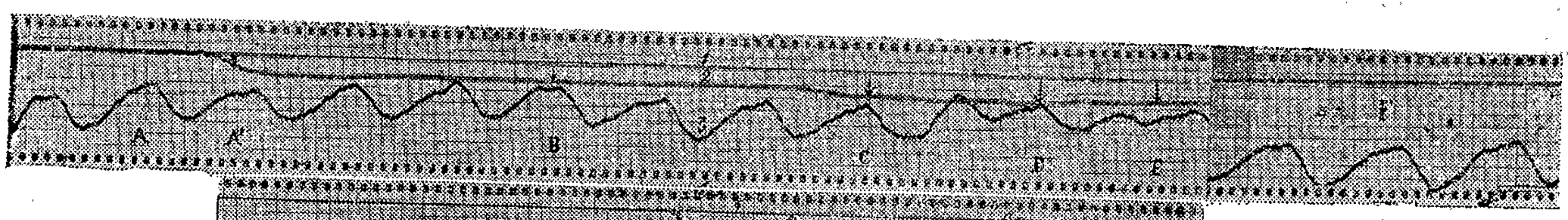


Fig. 2.

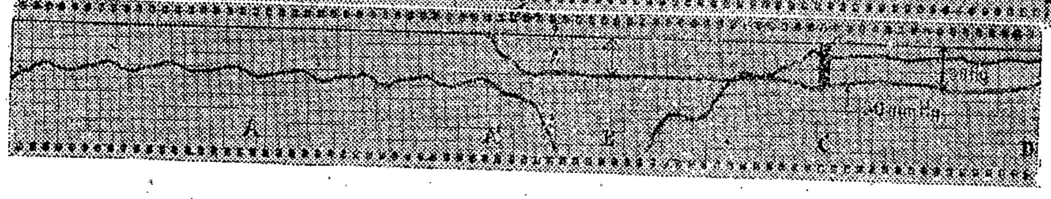


Fig. 1.

Graduation verticale : 1/10e de seconde entre deux traits.
1, pression zéro; 2, pression intra-pulmonaire calibrée en millimètres de mercure; 3, pouls du poumon.

Mlle Od. La..., 22 ans, compression progressive et incomplète.

A, pouls du poumon à la pression O Hg, amplitude de départ : 18mm; A', début de la compression; B, 14mm Hg, amplitude : 14mm; C, 18mm Hg, amplitude : 12mm; D, 20mm Hg, pression maxima que le sujet peut produire pendant 3/10e de seconde; E, 18mm Hg. L'amplitude du pouls n'est plus que de 5mm, soit moins du tiers de l'amplitude de départ.

Cette réduction maxima a été atteinte par la pulsation qui a suivi la pression max. en D (après 3/10e de seconde).

F, pouls de référence après la fin de la compression; amplitude : 18mm; pression O Hg.

Fig. 2.

M. Ma. Ge..., 40 ans. Compression brusque, et complète.

A, pouls du poumon à la pression O Hg, amplitude de départ : 10mm; A', début de la compression brusque; B, la pression intra-pulmonaire atteint 25mm Hg, déplacement de la courbe du pouls par l'effort respiratoire; C, extinction presque totale du pouls (amplitude résiduelle : 1mm, soit 1/10 de l'amplitude de départ), pour 26mm Hg = environ 340mm d'eau, pression maxima de l'artère pulmonaire, l'extinction est atteinte 21/10 de seconde après le début de la pression de 25mm Hg; D, fin de la compression.

Si l'on observe le sujet, on remarque une congestion plus ou moins rapide de la face, ce qui traduit la stase artificiellement créée dans la petite circulation.

Mais il n'est pas nécessaire d'atteindre cette extinction complète du pouls du parenchyme. En effet, chez certains sujets le phénomène de l'arrêt pulsatile est impossible en raison du peu de puissance respiratoire de ces sujets. Connaissant plusieurs points des variations de la courbe pulsatile ainsi que leur pression correspondante, on peut facilement en déduire la pression maxima d'arrêt pulsatile.

Nous avons remarqué en enregistrant simultanément la pression artérielle périphérique, que celle-ci augmente ou, dans quelques cas exceptionnels, diminue, pendant la période d'hyperpression intrapulmonaire. On enregistre très facilement aussi la pression veineuse et cette variation simultanée de la tension humérale, et l'on peut ainsi faire intervenir un facteur de correction qui permet de déduire également la pression artérielle de l'artère pulmonaire en dehors de la période d'hyperpression de l'air intrapulmonaire.

D'autres méthodes ont été décrites pour mesurer la pression de l'artère pulmonaire chez l'Homme, en particulier : les procédés *sanglants* avec introduction d'une sonde dans une veine superficielle et par ce canal dans le ventricule droit. Ces procédés donnent la pression de base ou *pression minima* qui existe dans le *tronc primitif* de l'artère pulmonaire, alors qu'une méthode d'optique radiologique, comme notre méthode de kiné-densigraphie, permet d'apprécier la *pression maxima* au niveau des *artérioles terminales* du parenchyme pulmonaire.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Effet inhibiteur de l'acide acétique à bas* pH *sur la croissance et la respiration de* Bacillus megatherium. Note [1] de M. **Norbert Grelet**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

On sait que la destruction des microorganismes par l'acide acétique n'est pas due seulement à l'acidification du milieu par l'acide : dans un milieu tamponné, l'acide acétique agit en effet à pH plus élevé que celui où agissent l'acide lactique ou l'acide chlorhydrique [2].

Avec *Bacillus megatherium*, nous avons également constaté un effet inhibiteur de l'acide acétique; mais, d'autre part, pour des concentrations assez faibles, l'acide acétique permet, comme seule source carbonée, la culture de la bactérie en milieu synthétique.

Nous avons donc cherché d'abord comment varie avec la concentration d'acide acétique, seul ou en addition au glucose, l'intervalle des pH initiaux qui permettent le départ des cultures.

Les milieux étaient essayés en flacons de Legroux : 5^{cm^3} de milieu liquide forment une couche d'environ 1^{mm} d'épaisseur, dans laquelle des colonies apparaissent comme sur un milieu solide.

Le milieu a la composition minérale suivante [3] : pour 100^{cm^3} d'eau de source :

PO_4H_2K	$SO_4Mg, 7H_2O$	$SO_4Mn, 4H_2O$	$SO_4Fe, 7H_2O$	NO_3K
500^{mg}	15^{mg}	3^{mg}	3^{mg}	1000^{mg}

On ajoute le glucose, s'il y a lieu, à la concentration de 6000^{mg} pour 100^{cm^3}; et l'acide acétique, en quantité variable, sous forme de sel de sodium.

La gamme des pH initiaux est réalisée par addition de SO_4H_2 ou de KOH.

L'ensemencement est fait avec une souche rugueuse de *Bacillus megatherium*.

Nous avons constaté que les intervalles des pH initiaux qui permettent le

(1) Séance du 4 août 1947.

(2) A. S. Levine et C. R. Fellers, *J. Bact.*, 39, 1940, p. 499; 40, 1940, p. 255.

(3) *Annales de l'Institut Pasteur*, 72, 1946, p. 153; *Comptes rendus*, 222, 1946, p. 418.

départ des cultures sont à peu près les mêmes en présence ou en absence de glucose.

Les intervalles s'échelonnent selon les valeurs approchées suivant des pH :

	Acide acétique pour 100^{cm^3}		pH	
	mg.	millimol.	min.	max.
Avec glucose..........	0	0	4,5	7,5
» ou sans glucose....	110	1,83	5,0	7,5
» »	220	3,66	5,5	7,5
» »	440	7,3	6,0	7,5
» »	880	14,6	6,5	7,5
» »	1 760	29,3	7,0	7,5

Des essais effectués dans les mêmes conditions avec l'acide pyruvique nous ont donné les résultats suivants :

	Acide pyruvique pour 100^{cm^3}		pH	
	mg.	millimol.	min.	max.
Avec glucose..........	0	0	4,5	7,5
» ou sans glucose...	1 300	14,8	5,0	7,5
» »	2 600	29,5	5,5	7,3
» »	5 200	59	5,8	7,0
» »	7 800	89	6,0	6,3
» »	10 400	118	pas de culture	

L'acide pyruvique est donc toléré à des concentrations environ 5 fois plus élevées que l'acide acétique. Jusqu'à 30 millimolécules pour 100^{cm^3}, l'intervalle des pH n'est réduit que par pH minima, fortement avec l'acide acétique, faiblement avec de l'acide pyruvique; au delà de 30 millimolécules, avec l'acide pyruvique, l'intervalle est réduit à la fois par pH minima et maxima.

Pour préciser le pouvoir inhibiteur de l'acide acétique aux bas pH, nous avons étudié à l'appareil de Warburg son influence sur la respiration.

Une culture aérée par agitation, en milieu glucosé (glucose restant : 3000^{mg} environ pour 100^{cm^3}), fournit des fractions dont les unes sont additionnées d'acétate de K, et les autres de SO_4K_2 en quantités telles que le potassium est à égalité dans les unes et les autres; un témoin sans SO_4K_2 montre d'ailleurs que cette addition de SO_4K_2 ne modifie pas la respiration. La gamme des pH est ensuite réalisée par addition de SO_4K_2 ou de KOH.

Sans acide acétique, la respiration est nulle au-dessous de pH 4,3 et au-dessus de pH 7,5; mais elle est aux environs de sa valeur maximum de pH 5,0 à 7,0.

Avec l'acide acétique (2000^{mg} pour 100^{cm^3}), la respiration prend des valeurs lentement croissantes à partir de pH 5,0, et n'atteint les environs du maximum qu'à pH 7,0.

Sous réserve de l'hypothèse d'impuretés toxiques contenues dans les acétates et le pyruvate « purs du commerce » que nous avons utilisés, nous pouvons donc conclure :

L'effet inhibiteur de l'acide acétique sur les cultures de *Bacillus megatherium* s'exerce aussi bien en présence de glucose que si l'acide acétique lui-même est le seul aliment carboné. En faisant varier indépendamment le pH initial et la concentration en acide acétique, on constate que le pH initial minimum permettant le départ des cultures s'élève lorsque la concentration en acide acétique croît. Il en est de même, mais beaucoup plus faiblement, avec l'acide pyruvique.

L'influence de l'acide acétique sur la respiration d'une culture en milieu glucosé confirme son effet inhibiteur aux bas pH.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Fermentation anaérobie des oléates alcalins; production de pétrole.* Note (1) de M. **Jean Laigret**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

J'ai signalé dans une Note antérieure (2) que le microbe A. 5029, bacille *perfringens* de collection provenant du laboratoire de bactériologie de la Faculté de Médecine d'Alger, provoque des dégagements importants de méthane quand on le cultive dans certains milieux, en particulier dans les milieux additionnés de formiates alcalins.

Récemment j'ai fait fermenter avec le même microbe et dans les mêmes conditions un savon : savon ordinaire du commerce préparé en Tunisie avec l'huile d'olives. Il ne s'est dégagé que du gaz carbonique. Mais en outre il s'est formé à la surface du milieu un liquide noir, non miscible à l'eau et combustible.

Ce liquide noir a été analysé par le laboratoire du Service des Mines (3). La réponse est qu'il s'agit d'un pétrole renfermant 15 % de fractions distillant entre 163° (point initial) et 300°, 50 % de fractions passant entre 300 et 350°; le résidu (35 %) étant constitué par un brai noir non distillable à 350° sous la pression atmosphérique.

L'expérience a été renouvelée dans cinq flacons différents, où la fermentation est entretenue présentement *en continu*: pour chaque flacon d'un litre, l'apport quotidien de 4^{g} de savon fournit en moyenne 3^{cm^3} de pétrole brut par jour.

Il est démontré par conséquent que le pétrole est le produit d'une fermentation bactérienne. Le processus fermentatif qui préside dans le sol à la

(1) Séance du 11 août 1947.

(2) *Comptes rendus*, **221**, 1945, p. 359.

(3) Analyse effectuée par M. Jouin, ingénieur chef du laboratoire des Mines à la Direction des Travaux Publics de Tunisie.

constitution des gisements a été reproduit au laboratoire. Le ferment est un microbe anaérobie que j'avais signalé déjà comme producteur puissant de méthane, mais dont le pouvoir s'étend en réalité beaucoup plus loin, jusqu'à l'élaboration des carbures liquides constituant les pétroles.

La séance est levée à 15h45m.

A. Lx.

ERRATA.

(Séance du 19 mai 1947.)

Note de M. *André Lichnerowicz*, Sur les formes harmoniques de certains espaces fibrés :

Page 1414, aussitôt après la formule (6), *lire* Dans la suite, E a pour fibres des classes de systèmes orthonormés de vecteurs tangents à V (espaces $S^{(p)}$ de Chern).

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE

Ouvrages reçus pendant les séances de juillet 1947.

Microbial antagonisms and antibiotic substances, by Selman A. Waksman. New-York, The Commonwealth fund, 1947; 1 vol. 24cm.

Tables de constantes et données numériques. I. *Constantes sélectionnées. Longueurs d'onde des émissions* X *et des discontinuités d'absorption* X, par Yvette Cauchois et Horia Hulubei. Paris, Hermann et Cie, 1947; 1 vol. 27cm, 5.

Que sais-je? Poudres et explosifs, par Henri Muraour. Paris, Presses universitaires de France, 1947; 1 vol. 17cm,5.

Armonie universalé, par Enrico Chatelanat. Borgo S. Dalmazzo, Istituto grafico Bertello, 1947; 1 vol. 20cm,5.

Reale Accademia d'Italia. Centro studi per l'Africa orientale italiana, VII. *Geologia dell'Africa orientale. Opera publicata col concorso del consiglio nazionale delle Ricerche*. Vol. I. *Il Progresso delle Conoscenze;* vol. II. *L'Imbasamento cristallino e la serie sedimentaria mesozoica;* vol. III. *La successione terziara e i fenomeni del quarternario;* vol. IV. *Tavole,* par GIOTTO DAINELLI, Roma, Reale Accademia d'Italia, 1943; 4 vol. 25^{cm}.

Physique et microphysique, par LOUIS DE BROGLIE, in *Sciences d'aujourd'hui,* collection dirigée par ANDRÉ GEORGES. Paris, Albin Michel, 1947; 1 vol. 19^{cm},5.

Société forestière de Franche-Comté et Provinces de l'Est. *Livret du cinquantenaire,* 1946. Extrait. *Génétique et Sylviculture,* par PHILIBERT GUINIER. Lons-le-Saunier, M. Declume, 1947; 1 fasc. 24^{cm},5.

La Rage. Études cliniques expérimentales et immunologiques, par PAUL REMLINGER et JACQUES BAILLY. Paris, Maloine, 1947; 1 vol. 24^{cm}

Encyclopédie biologique. XXVI. *Cytologie végétale et cytologie générale,* par PIERRE DANGEARD. Paris, Lechevalier, 1947, 1 vol. 25^{cm},5.

Annales de l'Institut océanographique. Tome XXIII, fasc. 3. *Recherches sur le milieu fluvio-marin et des dépôts d'estuaire,* par CLAUDE FRANÇIS-BOEUF. Paris, Masson et C^{ie}, 1947; 1 vol. 28^{cm},5.

Nations unies. *Chronique de l'organisation mondiale de la santé.* Vol. I, n^{os} 1-2. *Constitution et structure de l' O. M. S.* New-York et Genève, Organisation mondiale de la Santé, 1947; 1 fasc. 24^{cm}.

La répartition macroscopique des nébuleuses extra-galactiques, par P. DRUMAUX, extrait des *Annales de la Société scientifique de Bruxelles,* série I, tome LX, pp. 115-121. Louvain, Secrétariat de la Société, 1946; 1 fasc. 24^{cm},5.

La récession des nébuleuses extra-galactiques et leur répartition macroscopique, par P. DRUMAUX, id. tome LX, p. 213. Id.

Diagnoses algarum novarum post sylloges editionem descriptarum. I. Myxophyceæ. Centuria IX, par JOSEPH DE TONI. Brescia, Typ. artigian, 1946; 1 vol. 18^{cm},5.

La mésomerie, par CHARLES DUFRAISSE, PAUL RUMPF, A. PACAULT, PAUL MEUNIER, RAYMOND DAUDEL, JEAN CABANNES, ALBERTE PULLMAN, JEAN GUY, JEAN-LOUIS DESTOUCHES. *Réunions d'études et de mises au point tenues sous la présidence de* LOUIS DE BROGLIE. Paris, Éditions de la Revue d'optique théorique et instrumentale, 1947; 1 vol. 23^{cm}.

Über Trithione. I, par BRUNO BÖTTCHER et ARTHUR LÜTTRINGHANS. Extrait de *Justus Liebigs annalen der Chemie,* Band 557, Heft 2. Seite 89-107. Leipzig, Annalen der chemie, 1947; 1 fasc. 22^{cm}.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 1er SEPTEMBRE 1947.

PRÉSIDENCE DE M. Louis BLARINGHEM.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** annonce à l'Académie le décès de M. **Pierre de Vanssay de Blavous**, Correspondant pour la Section de Géographie et Navigation, survenu à Autun, le 19 août 1947.

M. **Ross Granville Harrison** fait hommage à l'Académie d'une série de Notes relatives à l'Embryologie et du discours prononcé par lui à l'inauguration du *Sixth Pacific Science Congress*, à Berkeley, Californie.

DÉSIGNATIONS.

M. **Albert Portevin** est désigné pour représenter l'Académie au Congrès qui aura lieu à Liége, en septembre 1947, pour commémorer le Centième anniversaire de la fondation de l'**Association des Ingénieurs sortis de l'École de Liége**.

CORRESPONDANCE.

M. **Albert Francis Blakeslee**, élu Associé étranger, adresse ses remercîments à l'Académie.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Rothamsted Experimental Station Harpenden Lawes Agricultural Trust. *Report for the war years*, 1939-1945.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Le problème de Cauchy et la théorie de la propagation des ondes lumineuses dans les milieux cristallins homogènes et uniaxes.* Note (¹) de M. **Florent Bureau**, présentée par M. Jacques Hadamard.

1. La théorie de la propagation des ondes lumineuses dans les milieux cristallins homogènes, uniaxes, conduit à la résolution du problème de Cauchy pour l'équation aux dérivées partielles, totalement hyperbolique, d'ordre quatre et à quatre variables indépendantes x_1, x_2, x_3, t, s'écrivant symboliquement

$$D_1 D_2 u = f(x_1, x_2, x_3, t); \tag{1}$$

nous avons posé

$$D_1 = \frac{\partial^2}{\partial t^2} - a^2\left(\frac{\partial^2}{\partial x_1^2} + \frac{\partial^2}{\partial x_2^2} + \frac{\partial^2}{\partial x_3^2}\right),$$
$$D_2 = \frac{\partial^2}{\partial t^2} - c^2\left(\frac{\partial^2}{\partial x_1^2} + \frac{\partial^2}{\partial x_2^2}\right) - a^2\frac{\partial^2}{\partial x_3^2}$$

et nous avons désigné par $f(x_1, x_2, x_3, t)$ une fonction régulière au sens de M. J. Hadamard.

Nous nous proposons de montrer que le problème de Cauchy ainsi posé peut être résolu en utilisant la solution élémentaire de l'équation (1) et la méthode des singularités.

2. Nous supposerons $a=1$ et $0<c<1$. Le cône caractéristique de l'équation (1) se décompose en deux cônes quadratiques Γ_1 et Γ_2 (Γ_2 est intérieur à Γ_1); nous désignerons par γ_2 le domaine de l'espace à quatre dimensions déterminé par Γ_2 et par γ le domaine intermédiaire compris entre Γ_1 et Γ_2; nous poserons $r^2 = x_1^2 + x_2^2$, $R^2 = t^2 - x_3^2$, les quantités r et R étant positives si $t > x_3$.

Cela étant, la solution élémentaire $v(x, t)$ de (1) est donnée par

$$(1-c^2)\,v(x,t) = \begin{cases} \displaystyle\int_0^r \log\frac{c^2(R^2-\lambda^2)}{c^2R^2-\lambda^2}\,\frac{d\lambda}{\lambda}, & \text{dans } \gamma_2, \\ \displaystyle\int_0^r \log\left(\frac{R^2-\lambda^2}{R^2}\right)\frac{d\lambda}{\lambda} - (\log R)^2, & \text{dans } \gamma. \end{cases} \tag{2}$$

3. En posant

$$P_1 = \pi_4\frac{\partial}{\partial t} - \pi_3\frac{\partial}{\partial x_3} - \left(\pi_1\frac{\partial}{\partial x_1} + \pi_2\frac{\partial}{\partial x_2}\right),$$
$$P_2 = \pi_4\frac{\partial}{\partial t} - \pi_3\frac{\partial}{\partial x_3} - c^2\left(\pi_1\frac{\partial}{\partial x_1} + \pi_2\frac{\partial}{\partial x_2}\right),$$

(¹) Séance du 18 août 1947.

nous avons dans les conditions habituelles, la formule de réciprocité

$$(3)\quad 2\iiint_V [v\,D_1D_2u - u\,D_1D_2v]\,d\tau$$
$$= \iint_S [u(P_1D_2v + P_2D_1v) - (P_1u\,D_2v + P_2u\,D_1v)$$
$$+ (P_1v\,D_2u + P_2v\,D_1u) - v(P_1D_2u + P_2D_1u)]\,d\sigma.$$

4. Nous pouvons admettre que les données de Cauchy sont les valeurs u_0, u_1, u_2, u_3, u_4, u_5 de u, P_1u, P_2u, D_2u, D_1u, $P_1D_2u + P_2D_1u$ sur une hypersurface S (par exemple $t = 0$) ayant partout une orientation d'espace; les six fonctions u_i ne sont évidemment pas indépendantes.

Introduisons dans (3) la solution élementaire (2) et prenons la partie logarithmique; nous obtenons

$$8\pi u(P_0, t_0) = \text{plog}\iint_{S^*} [u_0(P_1D_2v + P_2D_1v) - u_1D_2v - u_2D_1v]\,d\sigma$$
$$-\int_\omega d\omega \int_0^{t_0} [\{D_1u\}_{\Gamma_1} + \{D_2u\}_{\Gamma_2}]\,\alpha\,d\alpha.$$

Nous avons désigné par ω, la sphère unité de l'espace à trois dimensions, par $\{D_1u\}_{\Gamma_1}$ et $\{D_2u\}_{\Gamma_2}$, les valeurs de D_1u et D_2u respectivement sur Γ_1 et Γ_2 et par S^*, la portion de l'hypersurface S découpée par Γ_1.

5. Les valeurs de $\{D_1u\}_{\Gamma_1}$ et $\{D_2u\}_{\Gamma_2}$ n'étant pas connues, nous devons éliminer le dernier terme de la formule précédente. Pour cela, il suffit d'appliquer la formule de réciprocité en prenant pour $v(x, t)$ la fonction $K(x, t)$ définie par

$$(1 - c^2)\,K(x, t) = \begin{cases} \lg c, & \text{dans } \gamma_2, \\ \lg \dfrac{r}{R}, & \text{dans } \gamma; \end{cases}$$

il vient finalement

$$8\pi u(P_0, t_0) = \text{plog}\iint_{S^*} [u_0(P_1D_2v + P_2D_1v) - u_1D_2v - u_2D_1v]\,d\sigma$$
$$+ \iint_{S^*} [P_1K.u_3 + P_2K.u_4 - u_5K]\,d\sigma - 2\iiint_D fK\,d\tau.$$

6. Lorsque $c > 1$, la méthode précédente s'applique encore; la solution élémentaire est évidemment différente de (2).

La solution élémentaire de l'équation totalement elliptique correspondant à (1) est

$$v(x, t) = \frac{1}{1 - c^2}\int_0^r \lg \frac{c^2(t^2 + x_3^2 + \lambda^2)}{c^2(t^2 + x_3^2) + \lambda^2}\,\frac{d\lambda}{\lambda}.$$

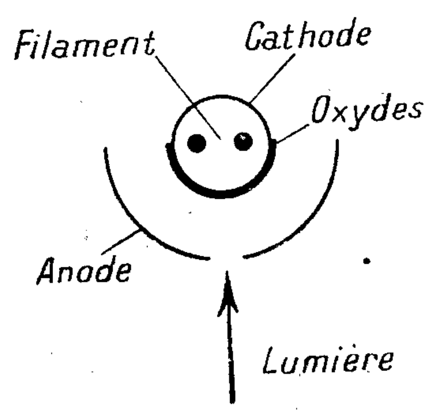
ÉLECTRONIQUE. — *Influence d'un flux lumineux sur le comportement des cathodes à oxydes.* Note (¹) de MM. **Jean Debiesse** et **Robert Champeix**, présentée par M. Camille Gutton.

I. Nous avons constaté que la lumière exerce une action notable sur l'émission électronique des cathodes à oxydes. Sous certaines conditions celles-ci se comportent comme de véritables cellules photoélectriques.

Les tubes utilisés au cours des expériences comportent :

une anode de nickel percée d'une fente pour le passage du flux lumineux;

une cathode cylindrique de nickel à chauffage indirect recouverte de la couche habituelle d'oxydes de baryum et strontium (toutefois le badigeonnage n'a été effectué que sur la partie de la cathode en regard de l'anode).



II. La cathode étant à la température ambiante, son éclairement par un arc à vapeur de mercure (à enveloppe de quartz) placé à 15^{cm} provoque l'apparition d'un faible courant photoélectrique.

L'étude de ce courant, en fonction de la tension d'anode, donne un courant de saturation de quelques microampères pour une tension anodique de $+2$ à 3 volts selon les tubes utilisés.

III. La cathode étant chauffée à une température comprise entre 600 et 1000° K., le courant électronique obtenu, en l'absence de toute illumination, dépend de la tension positive de l'anode.

A tension anodique constante, l'éclairement du tube étudié provoque immédiatement une augmentation sensible du courant électronique.

La sensibilité du dispositif photoélectrique ainsi constitué peut se définir pour un éclairement donné comme la différence entre les courants obtenus avec puis sans éclairement.

Dans ces conditions, la sensibilité augmente à mesure qu'augmente la tension anodique et passe par un maximum de l'ordre de 0,5 à 2 mA pour des tensions d'anode de $+30$ à $+50$ V (selon les tubes étudiés).

IV. Pour une tension anodique dépassant une centaine de volts et une densité de courant électronique supérieure à une dizaine de milliampères par centimètre carré, la cellule n'est plus photosensible. En particulier dans la

(¹) Séance du 28 juillet 1947.

région du courant de saturation, il est impossible, dans la limite de précision des mesures, de constater une variation de ce courant. Il est donc peu probable que l'on se trouve en présence d'une diminution du travail d'extraction des électrons de la cathode sous l'action de la lumière. Il s'agit plus probablement d'un phénomène photoélectrique classique.

V. Si l'on fait varier la température de la cathode, la *sensibilité* passe par un maximum pour une température de l'ordre de 850 à 900° K.

VI. Dans la région des courants résiduels (tension d'anode légèrement négative) on constate des phénomènes plus complexes.

Dans certains cas le flux lumineux peut produire une diminution, ou même une inversion du courant qui prend alors un sens inverse du sens normal.

L'explication suivante semble pouvoir être donnée. Il y aurait ionisation des gaz résiduels sous l'action du rayonnement U. V. et les courants ioniques se superposeraient au courant photoélectrique.

L'influence du rayonnement X sur le comportement des cathodes à oxydes confirme cette hypothèse. Nous avons constaté, en effet, que les rayons X, fortement ionisants comme on le sait, produisent une importante *diminution* du courant électronique dans les conditions mêmes où le rayonnement U. V. produit une *augmentation* de ce même courant.

VII. Signalons enfin que l'U. V. lointain ne semble pas avoir une action prépondérante dans les phénomènes signalés.

L'interposition sur le trajet de la lumière issue de l'arc du mercure d'un filtre de verre coupant les radiations de longueurs d'onde inférieures à 3500 Å ne perturbe pas les expériences relatées.

Bien plus, des résultats comparables qualitativement et quantitativement ont été obtenus en utilisant comme source une lampe à incandescence ordinaire de 150 watts.

PHOTOGRAPHIE. — *Contribution à la technique photographique de l'onde de choc.* Note de M. **Lucien Bull**, présentée par M. Joseph Pérès.

La photographie par étincelle électrique de l'onde de choc dans différents milieux gazeux et liquides est bien connue depuis les travaux classiques de Mach, Töpler, Boys et ceux de nombreux expérimentateurs à leur suite. Les deux méthodes fondamentales employées aujourd'hui sont encore celles des stries (Schlieren-Method de Töpler), et celle de la projection directe, sans aucune optique, de l'ombre du phénomène sur une plaque ou papier photographique (Boys).

Notre but étant l'enregistrement des premiers stades de la formation de l'onde de choc engendrée dans l'air par l'éclatement d'une forte étincelle électrique, plus puissante que celle chargée de donner l'image du phénomène, nous nous sommes heurté dès le début à la difficulté d'éviter le voile photo-

graphique dû à son éclat éblouissant. La méthode de Boys notamment est, sous sa forme originale, complètement inutilisable dans ce cas particulier; elle était cependant celle que, pour plusieurs raisons, nous désirions employer dans notre étude.

Nous avons pu tourner la difficulté de la façon suivante. Au lieu de projeter l'ombre du phénomène directement sur la surface sensible, nous avons en premier lieu mis à la place de celle-ci une lentille convergente de dimensions appropriées; la longueur focale était choisie de façon à concentrer sur l'objectif de l'appareil photographique le faisceau lumineux émanant de l'étincelle chargée de fournir l'image, l'étincelle d'illumination, qui est située à 2^m environ en arrière de la lentille. Si la mise au point de l'appareil est réglée sur cette dernière, on obtient des photographies montrant, à une échelle réduite, tous les détails du phénomène tels qu'ils sont projetés sur la lentille et sans le voile général de la plaque par l'étincelle génératrice de l'onde de choc. Néanmoins il persiste encore, immédiatement autour de l'image de l'étincelle, un très fort voile local qui s'étend sur plusieurs millimètres, c'est-à-dire au delà de la zone que nous désirions explorer.

Nous sommes parvenu à éliminer pour ainsi dire complètement ce voile restant, en mettant à profit la différence de marche des rayons issus des deux étincelles. Avec une lentille suffisamment corrigée au point de vue des aberrations sphériques et chromatiques, il est possible de former une image presque ponctuelle de l'étincelle d'illumination sur l'objectif de l'appareil photographique; on peut par conséquent diaphragmer très fortement celui-ci tout en laissant passer tous les rayons utiles à la photographie. Avec un diaphragme de 3^{mm} dont nous nous servons couramment, le système optique considéré dans son ensemble continue à fonctionner, pour les rayons convergents de cette source, à F : 5 environ. Par contre, ce diaphragme n'offre qu'une ouverture de F : 120 pour les rayons divergents de l'étincelle génératrice de l'onde de choc, ce qui réduit l'impression photographique de celle-ci au simple trait de feu et nous permet d'explorer ainsi toute la région dans son voisinage immédiat.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *La longueur de diffusion des neutrons thermiques dans l'eau.* Note [1] de MM. **André Berthelot**, **René Cohen** et **Herman Reel**, transmise par M. Frédéric Joliot.

Lorsqu'une source de neutrons thermiques possède la symétrie sphérique, les neutrons qu'elle émet dans un milieu ralentisseur et capturant se distribuent avec une densité ρ satisfaisant à la loi

$$\rho \sim \frac{e^{-\frac{r}{L}}}{r}, \tag{1}$$

[1] Séance du 11 août 1947.

où r est la distance au centre de symétrie et L une longueur caractéristique du milieu, appelée longueur de diffusion. Le présent travail a pour objet de déterminer cette longueur dans le cas de l'eau.

Réalisation d'une source de neutrons thermiques possédant la symétrie sphérique. — Comme chaque fois que l'on désire réaliser une source de neutrons purement thermiques, c'est une source différentielle qui a été réalisée. Pour cela on commence par étudier la répartition spatiale des neutrons thermiques résultant du ralentissement des neutrons rapides d'une source lg Ra + Be placée dans l'eau pure. Puis on introduit un absorbant de neutrons thermiques ayant la symétrie sphérique et centré sur la source, et l'on étudie la répartition spatiale des neutrons thermiques en présence de cet absorbant. La différence entre les deux mesures représente la densité des neutrons thermiques résultant de la diffusion des neutrons thermiques capturés par l'absorbant. Elle doit satisfaire à (1).

Pratiquement nous avons réalisé deux dispositifs différents remplissant ces conditions :

1° En plaçant la source au centre d'un ballon de verre (diamètre extérieur $16^{cm},4$) qui est successivement rempli d'eau distillée et d'une solution de sulfate de cadmium pur ($53^{g},9$ de Cd par litre de solution). Ce ballon est lui-même placé dans une cuve remplie d'eau distillée; cette cuve, de diamètre et hauteur 50^{cm}, est relativement petite, mais comme nous n'étudions que les neutrons thermiques et que le détecteur ne s'est jamais approché à moins de quatre longueurs de diffusion de la paroi, la perturbation due à celle-ci est négligeable.

On mesure la densité des neutrons thermiques hors du ballon, le long d'un rayon, avec les deux remplissages, à l'aide d'un détecteur d'un alliage 90 % Mn + 10 % Ni de dimensions $2,5 \times 3 \times 0^{cm},02$.

Nous avons vérifié que la présence du soufre et la faible variation de la concentration en hydrogène n'introduisent pas de perturbations en constatant que l'activité du détecteur pour différentes positions est la même, le ballon étant rempli d'eau distillée ou d'une solution d'acide sulfurique de concentration en ions SO_4 égale à celle de notre solution de SO_4Cd.

L'ensemble source-ballon-détecteur était assemblé rigidement avant d'être introduit dans la cuve et le centrage de la source ainsi que la position du détecteur déterminés au cathétomètre.

2° En plaçant la source de neutrons rapides au centre d'un ballon sphérique (diamètre extérieur $16^{cm},2$) en pyrex d'épaisseur $2^{mm},5$ environ, rempli d'eau distillée. Les mesures sont faites avec et sans le ballon de pyrex (environ 12 % de B_2O_3) dans les mêmes conditions que précédemment.

Les positions des détecteurs et leur reproductibilité sont définies à $0^{mm},2$ près. Pour déterminer la distance du détecteur au centre de symétrie du système et le centrage de la source nous avons pris, pour éliminer les fluctuations, de

diamètre du ballon, la valeur du rayon de courbure du ballon, mesurée au sphéromètre, dans la région faisant face au détecteur; elle diffère d'ailleurs peu de la valeur moyenne du rayon du ballon.

Résultats. — Pour chaque source on a mesuré la densité en une dizaine de points.

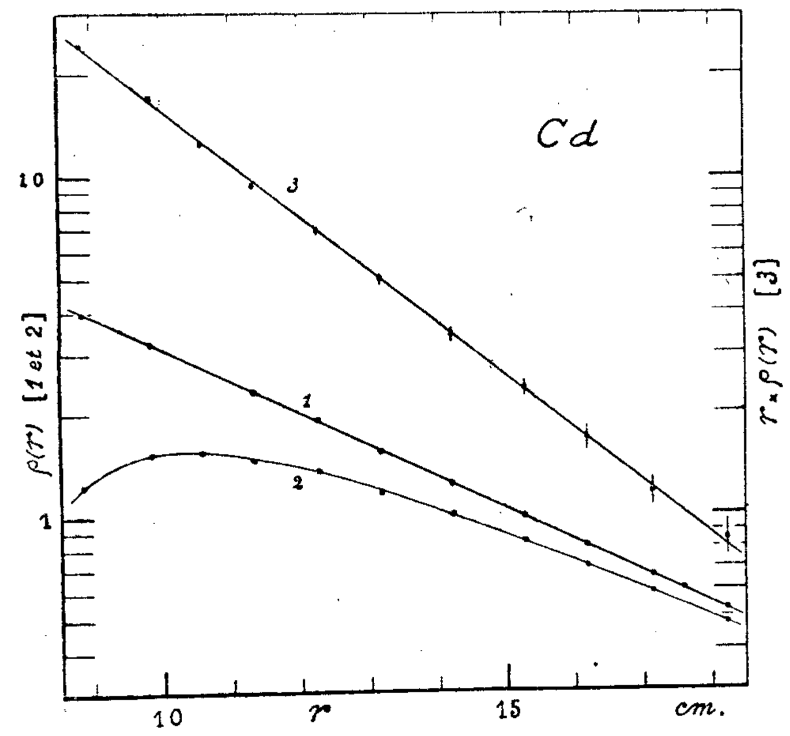


Fig. 1.

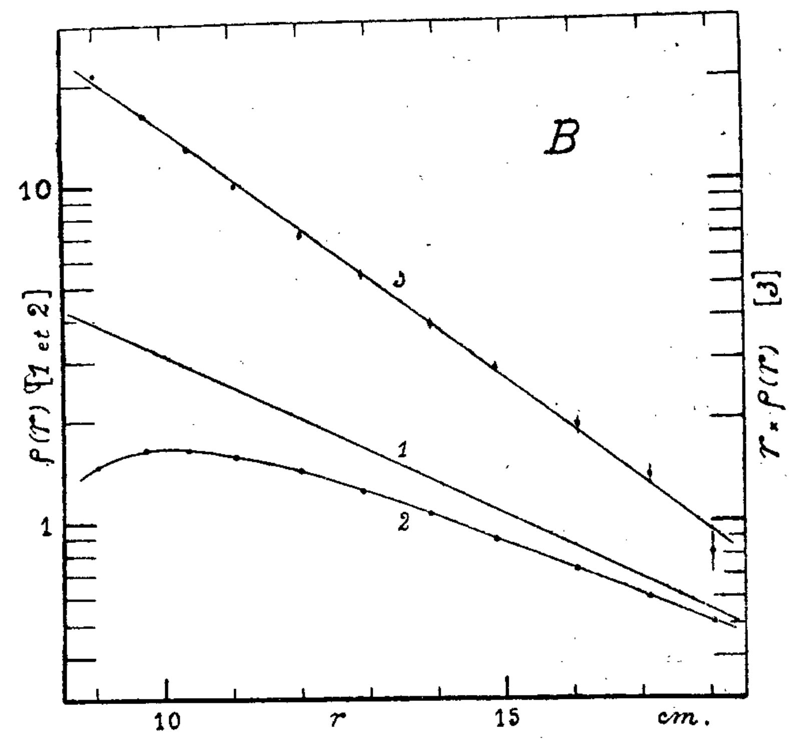


Fig. 2.

Les activités en l'absence de tout ballon et celles obtenues en présence du ballon en verre ordinaire se placent toutes sur une même exponentielle (courbe 1 des figures 1 et 2)

$$ke^{-\frac{r}{a}} \quad \text{où} \quad a = 4,62 \pm 0^{cm},04,$$

en bon accord avec A. Berthelot, R. Ballini et L. Vermæsen [2], indiquant ainsi qu'en dépit des dimensions plus faibles de la cuve utilisée les parois n'apportent pratiquement pas de perturbations.

Les activités en présence de l'absorbant sont portées sur les courbes 2 (figure 1 pour Cd et figure 2 pour le pyrex).

Les courbes de diffusion (courbes 3, figures 1 et 2) satisfont, à la précision de nos mesures, à une équation de la forme (1) avec les valeurs numériques suivantes :

$$L = 2,77 \pm 0^{cm},04 \text{ (neutrons absorbés par le cadmium)},$$

$$L = 2,88 \pm 0^{cm},07 \text{ (neutrons absorbés par le bore)}.$$

La différence de valeur est sans doute due à la participation dans le second cas de neutrons épithermiques.

Ces deux valeurs sont en accord avec celle de Gamertsfelder et Goldhaber (3^cm à 10 % près) [3].

(2) *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 292.

(3) *Phys. Rev.*, 62, (L), 1942, p. 556.

ÉNERGIE ATOMIQUE. — *Méthode précise de mesure de l'efficacité des compteurs de Geiger-Müller.* Note (1) de MM. **Anatole Rogozinski** et **André Voisin.**

Dans un grand nombre de recherches, qui comprennent notamment des mesures absolues, il importe de connaître avec exactitude non seulement l'efficacité globale des compteurs Geiger-Müller utilisés, mais aussi la distribution des efficacités à travers leur volume sensible. Pour y parvenir, nous avons mis au point une méthode qui diffère des méthodes habituelles (2) par sa simplicité et surtout par la finesse avec laquelle elle permet d'explorer ce volume sensible.

Principe de la méthode. — On sélectionne un faisceau de rayons cosmiques, compris dans une tranche d'épaisseur variable, grâce à un dispositif schématisé dans la figure 1-*a*, où les compteurs C, en coïncidence, définissent un *télescope* vertical dont l'*ouverture* peut être contrôlée exactement par l'écartement horizontal des compteurs A, branchés en anticoïncidence avec les premiers. Les compteurs anticoïncidents constituent, en outre, une protection très efficace contre l'effet parasite des gerbes latérales.

Le compteur exploré E, en coïncidence triple avec les compteurs C, est intercalé entre ceux-ci avec son axe respectivement parallèle ou perpendiculaire aux axes des autres compteurs, suivant que l'on cherche la distribution transversale ou longitudinale de l'efficacité du compteur. On obtient alors cette distribution en présentant au faisceau sélectionné une région déterminée du compteur et en mesurant la fréquence des coïncidences triples correspondantes.

En ce qui concerne la distribution transversale, une variante très simple de la méthode consiste à remplacer l'un des compteurs A par le compteur E. La distribution cherchée est alors donnée par la pente de la courbe des fréquences des coïncidences doubles des compteurs C, en fonction de la distance qui sépare le couple horizontal de compteurs A et E.

Mesures. — Les compteurs utilisés étaient du type métallique et leur fil axial était limité par des tubes en verre de 3^{mm} de diamètre. Les précautions habituelles ont été prises en ce qui concerne les angles solides soutenus par les divers compteurs, les corrections dues aux coïncidences fortuites et au temps mort des compteurs anticoïncidents, etc.

a. Une première série de mesures, effectuée à l'aide de la variante de la méthode, a montré que le compteur était efficace, du moins dans sa partie centrale, jusqu'à la paroi interne de son enveloppe.

(1) Séance du 11 août 1947.

(2) T. H. Johnson, *Rev. Mod. Phys.*, 10, 1938, p. 193; K. Greisen et N. Nereson, *Phys. Rev.*, 62, 1942, p. 316; S. A. Korff, *Electron and Nuclear Counters*, New-York, 1946.

b. Une deuxième série avait pour objet, au contraire, l'exploration de l'efficacité longitudinale du compteur E. Les tensions appliquées à celui-ci étaient de $V_0 = 1075$ V, $V_- = 1025$ V et $V_+ = 1125$ V, la tension appliquée aux autres compteurs demeurant inchangée et égale à V_0. La largeur du faisceau était maintenue à 6^{mm}.

c. Dans une troisième série, ayant le même but que la deuxième, le rayonnement explorateur était constitué par un faisceau étroit de rayons γ, provenant d'une source de $10^{\mu g}$ Ra, logée au sein d'une masse de plomb comportant une fente de 2^{mm} de largeur. Le compteur E était placé contre cette fente et pouvait se déplacer normalement à celle-ci. La masse de plomb utilisée était suffisante pour ne pas provoquer une augmentation notable du mouvement propre du compteur, quand celui-ci était placé en dehors de la fente.

Cette série a permis d'obtenir *rapidement* l'allure de la courbe cherchée, étant donné que les mesures de la série (*b*), qui *seules* peuvent conduire à des résultats non perturbés, exigent malheureusement des temps considérables.

Résultats. — Les résultats de la série (*b*) sont illustrés par la courbe *b*; ceux de la série (*c*) par les courbes c_0, c_- et c_+ correspondant respectivement aux tensions V_0, V_- et V_+ citées (*fig.* 1-*b*).

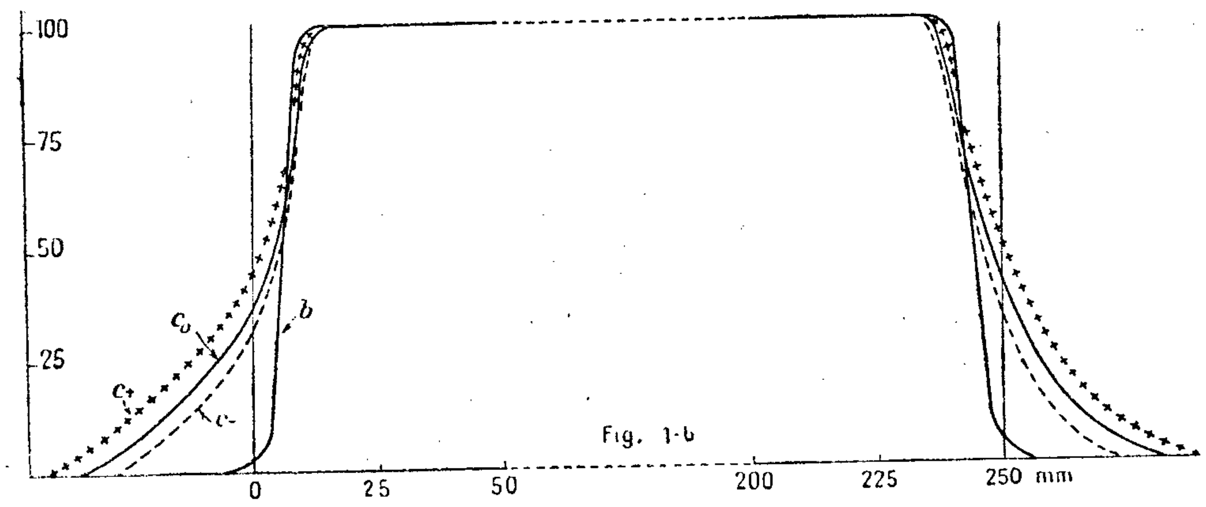


Fig. 1-b

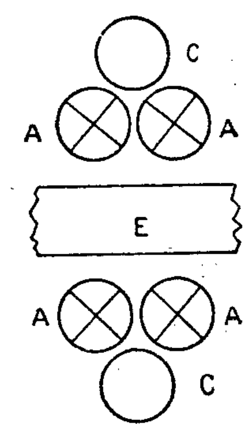


Fig. 1-a

Les fréquences observées dans les cas (*b*) et (*c*) étaient respectivement de l'ordre de 6 et de 60000 par heure. Les courbes obtenues ont été tracées à la même échelle, en admettant 100 pour la valeur maximum de chacune d'elles. Les abscisses y représentent les points successifs du fil axial dont la longueur était égale à 250^{mm} et dont l'une des extrémités était prise pour origine.

Ces courbes montrent que l'efficacité demeure constante tout le long de la partie centrale du fil. Par contre, une perturbation se manifeste aux extrémités du fil et s'étend vers le centre du compteur sur une distance de l'ordre de son rayon égal à 13^{mm}. En ce qui concerne l'effet de la tension appliquée au compteur, son importance est très faible dans la partie centrale du fil, mais devient nettement perceptible dans les zones perturbées situées aux extrémités du fil. Dans le cas de la courbe *b*, l'effet demeure dans les limites des erreurs statistiques des mesures.

La perturbation décrite peut être attribuée surtout à une distorsion du champ

électrique qui règne autour du fil, distorsion provoquée par la présence des tubes de protection qui limitent la longueur du fil. Cette distorsion se traduit par une réduction suffisamment importante du champ pour y créer une région d'inefficacité; l'étendue de cette région diminue cependant lorsqu'on augmente la tension appliquée au compteur.

Les courbes *b* et *c* n'ont pas des allures identiques, car, entre autres causes, la diffusion des rayons γ par l'enveloppe du compteur et par les bords de la fente pratiquée dans le plomb modifie dans une certaine mesure les courbes *c*. Notons à ce propos que, s'il s'agissait de compteurs à paroi mince, une source appropriée de rayons β aurait permis d'effectuer des mesures du type *c*, d'une façon *rapide et correcte*.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Influence de l'orientation cristalline sur l'oxydation à chaud du fer et du cuivre.* Note [1] de MM. **Jacques Bénard** et **Jean Talbot**, transmise par M. Pierre Chevenard.

L'un de nous a analysé antérieurement avec O. Coquelle [2] les variations de la vitesse d'oxydation à l'air à 850° du fer polycristallin soumis à des traitements mécaniques préalables : laminage, traction, abrasion. Des essais récents nous ont permis d'étendre ces observations à l'oxydation du cuivre.

Dans le cas du laminage, on constate que la vitesse d'oxydation du fer et du cuivre s'accroît proportionnellement au taux de réduction de section $(S_0 - S)/S_0$ (*fig.* 1). L'examen aux rayons X du métal déformé montre que cette variation est corrélative de l'apparition d'une texture orientée, et indépendante du morcellement des cristaux et du trouble du réseau, l'un et l'autre consécutifs au travail mécanique à froid. Une étude de l'oxydation de cristaux uniques de grandes dimensions était indispensable pour fournir une interprétation de ces faits.

Des cristaux uniques de cuivre, se présentant sous forme de plaquettes d'une dizaine de centimètres carrés de surface et de 2mm d'épaisseur, furent préparés à partir de l'état liquide par la méthode du four circulant. Après avoir déterminé l'orientation cristallographique de la surface plane par la méthode des diagrammes de Laue en retour, on enregistrait, pour chacun d'eux, la courbe isotherme oxydation-temps, à 900°, avec la thermobalance Chevenard [3]. L'examen des courbes obtenues pour 7 orientations différentes montre que la vitesse d'oxydation subit, suivant les faces, des variations dont l'ordre de grandeur, qui peut atteindre 20 %, est largement supérieur à l'approximation des mesures (1 %) (*fig.* 2).

---

(1) Séance du 18 août 1947.

(2) J. Bénard et O. Coquelle, *Rev. Métallurgie*, mars 1947.

(3) P. Chevenard, X. Waché et R. de la Tullaye, *Métaux et Corrosion*, 18, 1943, p. 121.

Par ordre de vitesse d'oxydation décroissante, les plans d'indices simples se classent à 900°, quelle que soit la durée de l'oxydation, dans l'ordre suivant : (210) et (221), (211) et (110), (111), (100), (123). Or on sait par ailleurs ([4]) que le laminage à froid du cuivre tend à orienter les plans (110) et (211) parallèlement à la surface du métal; ce sont précisément, d'après ce qui précède, des plans suivant lesquels la vitesse d'oxydation est élevée.

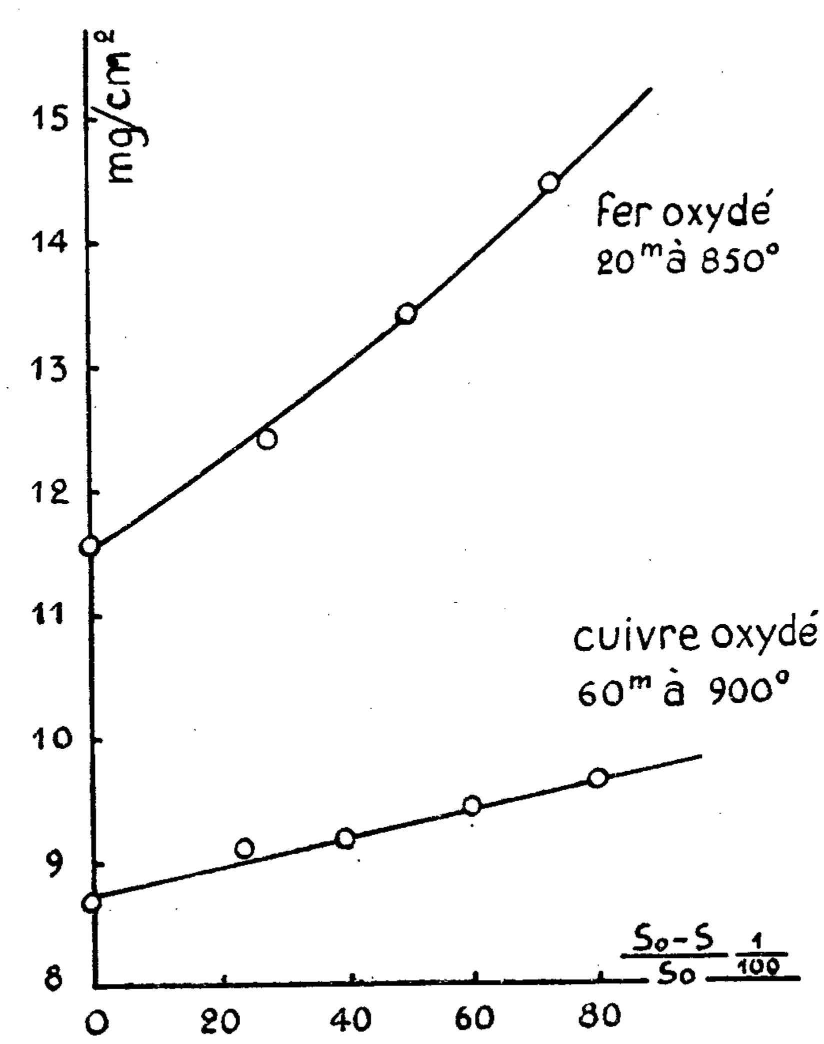


Fig. 1.

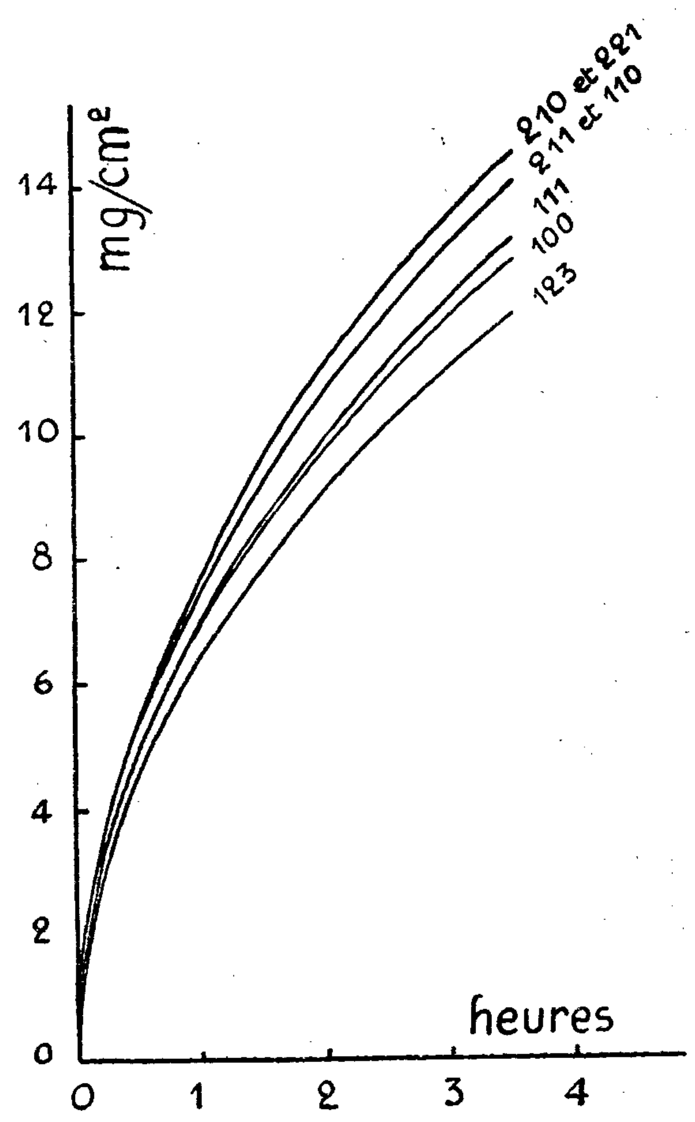


Fig. 2.

Des mesures analogues ont été faites à 850° sur des cristaux uniques de fer obtenus par la méthode de l'écrouissage critique. Bien qu'il soit plus difficile dans ce cas d'établir entre les faces cristallines un classement déterminé, par suite du chevauchement de certaines courbes, on observe une différenciation du même ordre entre les vitesses d'oxydation. Il est donc démontré que l'influence de la déformation du cuivre et du fer polycristallins sur l'aptitude à l'oxydation de ces métaux résulte finalement de l'*inégale vitesse d'oxydation suivant l'orientation cristalline*.

L'origine de l'anisotropie ainsi mise en évidence peut résider, soit dans une différence entre les vitesses propres d'oxydation des faces du cristal métallique, soit dans une inégalité de la vitesse de diffusion des éléments de la réaction (métal et oxygène) à travers l'oxyde déjà formé sur chacune d'elles. La

---

([4]) C. Barrett, *Structure of Metals*, Londres, 1943, p. 395; Cook et Richard, *J. Inst. Metals*, **70**, 1944, p. 159.

seconde hypothèse paraît seule vraisemblable lorsqu'on se rapporte aux travaux antérieurs ([5]), d'après lesquels la vitesse de croissance de la pellicule d'oxyde en régime est réglée par la diffusion et indépendante de la vitesse propre d'oxydation du métal. Nous l'avons confirmée, dans le cas du cuivre, par une étude de l'orientation des cristaux d'oxyde dans la pellicule.

Si l'on explore à l'aide d'un faisceau de rayons X très fin une section droite de la pellicule, il est possible de déterminer par la méthode de Laue l'orientation des cristaux basaltiques d'oxyde Cu_2O, dont elle est constituée en majeure partie. On constate que les cristaux formés sur un métal polycristallin équiaxe sont orientés au hasard, tandis que ceux qui croissent sur un métal laminé à la température ordinaire sont orientés de telle sorte qu'ils possèdent un axe cristallographique (221) disposé perpendiculairement à la surface de contact métal-oxyde. La perfection avec laquelle cette orientation est réalisée est d'autant plus grande que le taux de réduction est plus élevé.

La vitesse d'oxydation particulièrement grande du métal laminé est donc liée à l'existence d'une structure orientée, imposée à l'oxyde par un phénomène d'épitaxie sur le métal sous-jacent, et favorable à la diffusion.

Nos expériences nous conduisent enfin à observer un fait nouveau. Les courbes oxydation-temps présentent pendant les premières minutes une partie parfaitement rectiligne, avant de prendre l'allure parabolique. La pente de cette droite représente la vitesse propre d'oxydation du métal, alors qu'elle n'est pas encore ralentie par l'intervention de la diffusion. Nous nous proposons de développer l'étude de ce phénomène dans une prochaine Note.

CHIMIE NUCLÉAIRE. — *Action des neutrons lents sur les ions brome en solution.* Note ([1]) de MM. **Pierre Süe** et **L. Melander**, présentée par M. Frédéric Joliot.

En irradiant par des neutrons lents des ions brome en solution, on peut se demander si le brome ne passe pas dans un état tel qu'il puisse être distingué des ions primitifs. Un réactif du brome sur lequel les ions normaux sont sans action devrait permettre d'effectuer cette distinction.

Dans nos premiers essais nous avions voulu chercher si du brome moléculaire se formait lors de l'irradiation, et pour cela nous avions songé à le fixer par la fluorescéine. Ce réactif peu soluble n'a pas pu être employé, par contre le phénol très soluble a été utilisé. Le brome-radioactif formé s'échangerait d'autant plus complètement avec les ions brome inactifs présents en solution

---

([5]) Mme A. Michel, J. Bénard et G. Chaudron, *Bull. Soc. Chim. France*, **11**, 1944, p. 175; J. Bénard et O. Coquelle, *Comptes rendus*, **222**, 1946, pp. 796 et 884; *id.. Rev. Métallurgie*, **43**, 1946, p. 113.

([1]) Séance du 21 juillet 1947.

que leur nombre est élevé. En outre, il est possible que le radiobrome fixé sur le phénol s'échange également avec les ions inactifs. Si ces échanges étaient complets, l'activité fixée sur le phénol serait infime et non mesurable. Pour que le procédé soit utilisable, il faut que la vitesse de combinaison du brome avec le phénol soit plus grande que la vitesse de l'échange et que le composé formé soit suffisamment stable, conditions que le phénol remplit.

Les expériences suivantes (1 à 4) furent effectuées : 50^{cm^3} d'une solution aqueuse de bromure d'ammonium (l'ammonium ne donnant pas de radio-éléments parasites), correspondant à 2^g de brome, sont irradiés en présence de 2^g de phénol pendant une heure au cyclotron, par des neutrons ralentis dans la paraffine. La solution est alors agitée avec 25^{cm^3} de benzène, puis la phase aqueuse et la phase benzénique sont séparées; la phase benzénique qui a extrait le phénol est alors séchée sur sulfate de soude (pour éviter toute contamination par la solution aqueuse), puis traitée par la soude. On mesure les activités de cette solution et de la phase aqueuse primitive dans des compteurs à liquides d'un type spécial.

Par ailleurs nous nous sommes assurés que les ions brome ne réagissaient pas du tout avec le phénol. Les mêmes quantités de produits que celles indiquées ci-dessus ont été laissées en contact pendant des temps variant de 1 heure à 15 heures, puis le phénol a été séparé, irradié (60 minutes) et mesuré au compteur. Pour ces deux temps aucune activité n'est décelée.

De telles expériences risquent d'être perturbées par le brome 18 minutes libéré par transition isomérique du Br 4,4 heures, c'est pourquoi, parallèlement à ce travail, nous avons aussi fait l'essai suivant : après l'irradiation de la même quantité de bromure, le phénol est ajouté à la solution et laissé en contact avec elle pendant 1 heure, puis après séparation les mesures sont effectuées (exp. 5 et 6).

Pour ces deux types d'expériences les valeurs des activités, toutes ramenées à la fin d'irradiation, sont groupées dans le tableau ci-dessous.

			Valeurs calculées sur le brome 18 min.			Valeurs calculées sur le brome 4,4 h.		
			Activités		Act. phénol / Act. ph. aqu^se	Activités		Act. phénol / Act. ph. aqu^se
N° exp.	Produit irradié.	Durée d'irradiation (min).	ph. aqu^se.	phénol.	(%).	ph. aqu^se.	phénol.	(%).
1...	$BrNH_4$ + phénol	60	23.10^6	513000	2,2	$1.27 10^6$	21000	1,65
2...	$BrNH_4$ + phénol	63	18	431500	2,4	$1.46 10^6$	24660	1,69
3...	$BrNH_4$ + phénol	60	3	74500	2,44	208300	4000	1,92
4...	$BrNH_4$ + phénol	60	7,8	170000	2,17	604500	9600	1,59
5...	$BrNH_4$	60	12	303400	2,48	791000	0	–
6...	$BrNH_4$	60	13	317800	2,42	800000	0	–

(Les activités varient d'un essai à l'autre, car les intensités des neutrons diffèrent suivant les expériences.)

Ces résultats expérimentaux permettent de conclure que le brome se fixe sur le phénol à un faible taux (réaction qui ne se produit pas dans les conditions chimiques habituelles) lorsqu'il est en contact avec ce dernier au moment même où le radiobrome est éjecté, soit après capture d'un neutron, soit par transition isomérique. Après capture d'un neutron et émission du rayon γ correspondant, l'ion est dans un état tel que sa probabilité de réaction avec un composé organique tel que le phénol devient notable devant celle qu'il a de repasser à son état initial.

Deux explications semblent plausibles : ou bien du brome moléculaire est formé et réagit instantanément avec le phénol, ou encore les ions brome radioactifs se trouvent dans un état excité qui leur permet alors de se fixer.

Ces résultats diffèrent de ceux observés par E. Glückauf (2) et A. F. Reid (3) qui effectuaient leurs irradiations sur des milieux organiques et donc non ionisés.

Précisons, en outre, qu'il n'y a pas à craindre une action photochimique proportionnelle au temps qui libérerait du brome inactif, lequel s'échangerait avec le radiobrome formé et donnerait le bromophénol radioactif. Une irradiation de 4 heures n'a pas modifié la quantité de brome fixée sur le phénol.

CHIMIE APPLIQUÉE. — *Sur le gonflement des plâtres de construction.* Note (1) de M. **Louis Chassevent**, présentée par M. Pierre Jolibois.

Les plâtres français de construction sont en général constitués de sulfate de calcium semi-hydraté et d'anhydrite insoluble en proportions variables suivant les modes de fabrication. Afin de mesurer le gonflement qui accompagne l'hydratation de ces plâtres, nous avons mélangé, en diverses proportions, du semi-hydrate et de l'anhydrite insoluble préparés séparément à partir de gypse naturel.

Le gonflement de ces mélanges se fait en deux temps. Il se produit d'abord un gonflement rapide qui correspond à l'hydratation du semi-hydrate. Cette hydratation est terminée au cours des deux heures qui suivent le gâchage. Pendant ce temps l'anhydrite insoluble ne s'hydrate pas notablement. Il se comporte, au point de vue du gonflement, comme le sable des mortiers de plâtre dont nous avons étudié l'action précédemment (2). Ce premier gonflement qui se manifeste au cours du durcissement des pâtes de plâtre de construction atteint une valeur qui dépend du rapport du poids de semi-hydrate au poids d'eau de

---

(2) E. Glückauf et J. W. J. Fay, *J. Chem. Soc.*, 1936, p. 390.

(3) *Phys. Rev.*, 69, 1946, p. 530.

(1) Séance du 25 août 1947.

(2) *Comptes rendus*, **225**, 1947, p. 385.

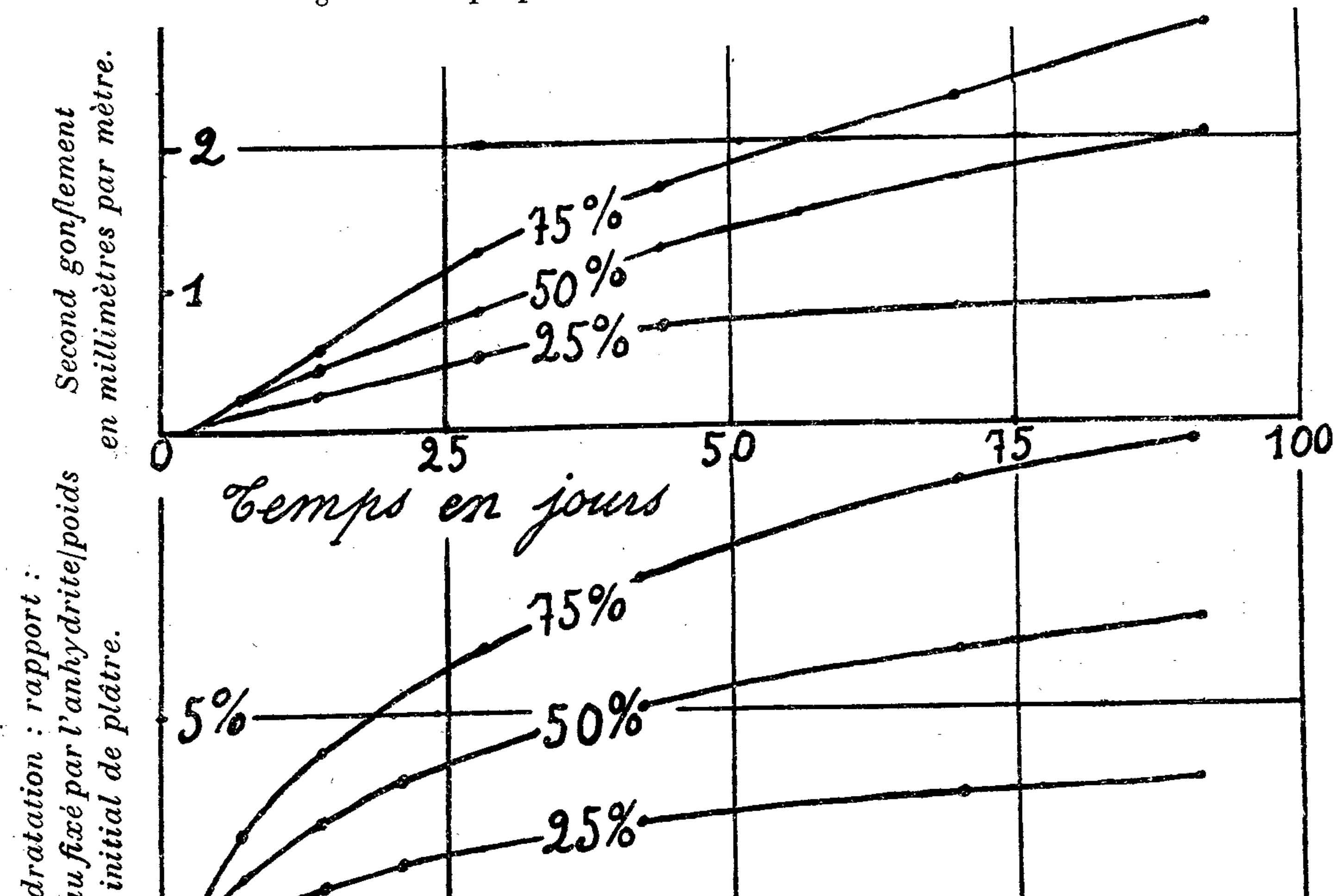
gâchage du mélange. Ainsi nous avons obtenu sensiblement les mêmes gonflements, au cours des deux heures qui ont suivi le gâchage, d'une part avec un mélange à poids égaux de semi-hydrate et d'anhydrite insoluble gâché en proportion de 220^g pour 100^g d'eau et d'autre part avec du plâtre à mouler constitué uniquement de semi-hydrate et gâché en proportion de 110^g pour 100^g d'eau, soit :

pour le mélange gâché à 220/100 : 2^{mm},72 par mètre lorsque la pâte était recouverte d'eau et 1^{mm},49 lorsque la pâte n'était pas recouverte d'eau ;

pour le plâtre à mouler gâché à 100/110 : respectivement 2^{mm},75 et 1^{mm},25, et pour le plâtre à mouler gâché à 220/100 : 4^{mm},20 et 3^{mm},23.

Le gonflement rapide qui résulte de l'hydratation du semi-hydrate est suivi d'un gonflement très lent qui résulte de l'hydratation de l'anhydrite insoluble des plâtres de construction. Nous avons mesuré ce gonflement très lent au moyen d'un appareil à comparateur gradué en centièmes de millimètre. Les éprouvettes étaient des prismes de 160 sur 40 et 40^{mm} de côtés aux extrémités desquels étaient encastrés des boutons métalliques servant de butées pour les mesures de longueur. Les éprouvettes étaient conservées dans l'eau saturée de

Plâtres de construction à 25, 50 et 75 % d'anhydrite insoluble gâchés en proportion de 160^g de plâtre pour 100^g d'eau.



gypse, sauf pendant les mesures. En outre, nous avons suivi gravimétriquement l'hydratation de l'anhydrite insoluble suivant une méthode décrite précé-

demment ([3]). La figure ci-contre représente les résultats ainsi obtenus avec des plâtres de construction à 25 %, à 50 % et à 75 % d'anhydrite insoluble préparé par cuisson du gypse vers 800°.

L'examen de cette figure montre que :

1° L'hydratation et le gonflement de ces plâtres contenant de l'anhydrite cuit à haute température n'étaient pas terminés après trois mois de contact avec l'eau. La moitié seulement de l'anhydrite avait été transformée en gypse. Dans la pratique les enduits en plâtre sont fréquemment secs avant d'être complètement hydratés. Ils peuvent donc, s'ils sont par la suite exposés aux intempéries ou mouillés accidentellement, continuer à s'hydrater et à gonfler.

2° Le second gonflement résultant de l'hydratation de l'anhydrite préparé à haute température a été beaucoup plus grand (trois à quatre fois) que celui résultant de l'hydratation du semi-hydrate pour une même quantité de gypse formé par unité de volume de la masse durcie. Cette différence n'a été que de 20 % avec de l'anhydrite insoluble préparé à 180° et s'hydratant complètement en une semaine. Il semble donc que l'hydratation lente agit plus sur le grossissement des cristaux de gypse et moins sur l'augmentation de leur nombre que l'hydratation rapide.

En résumé, le durcissement des pâtes de plâtres de construction et d'eau est accompagné d'un premier gonflement rapide qui est terminé en moins de deux heures et qui correspond à la transformation en gypse du sulfate de calcium semi-hydraté existant dans les plâtres de construction. Ce premier gonflement dépend essentiellement du rapport du poids de semi-hydrate au poids d'eau de gâchage. Il peut être calculé, si l'on connaît la teneur en semi-hydrate du plâtre de construction, d'après les résultats obtenus précédemment dans l'étude des plâtres à mouler ([4]). Ensuite, il se produit un second gonflement qui est très lent et qui correspond à la transformation en gypse de l'anhydrite insoluble existant en général dans les plâtres français de construction.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Gynogénèse et anomalies digitales chez le Crapaud* (Bufo bufo). Note de M. **Jean Rostand**, présentée par M. Maurice Caullery.

J'ai signalé précédemment ([1]) que j'avais trouvé 3 crapauds polydactyles (6 orteils, au lieu de 5, aux pattes postérieures), dans un lot de 6 individus obtenus par gynogénèse : les 6 individus étant issus d'une même femelle, l'hypothèse d'une anomalie génétique (mutation à hérédité mendélienne) m'a paru extrêmement vraisemblable. Depuis lors, j'ai relevé dans mon élevage

([3]) L. Chassevent, *Revue des Matériaux de Construction*, 1927, p. 148.

([4]) Chassevent, *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 302.

([1]) *C. R. Soc. Biol.* (sous presse).

de crapauds gynogénétiques ([2]) un certain nombre d'anomalies digitales se rattachant à l'ectrodactylie et à la syndactylie; mais ces anomalies ayant été observées sur un mélange d'individus provenant de plusieurs femelles, je ne puis rien préjuger quant au mode de transmission et ne puis qu'indiquer la fréquence des sujets anormaux par rapport à la totalité des sujets examinés. Cette fréquence est remarquablement élevée. En effet, sur 150 crapauds gynogénétiques ayant franchi la métamorphose, on compte 20 individus présentant, aux pattes postérieures, une anomalie par défaut (ectrodactylie); ils se décomposent ainsi : 17 ont 4 orteils, au lieu de 5, aux 2 pattes postérieures, l'orteil manquant est l'orteil interne; 1 a 4 orteils à l'une des pattes postérieures, l'autre étant normale; 1 a 3 orteils aux 2 pattes postérieures; 1 a 3 orteils à l'une des pattes postérieures, et 4 à l'autre.

D'entre les 17 crapauds ayant quatre orteils aux deux pattes postérieures, 8 présentent, de surcroît, des anomalies des pattes antérieures : 2 ont trois doigts à l'une des pattes antérieures; 1 a, d'un côté, deux doigts soudés l'un à l'autre (syndactylie ou zygodactylie); 2 ont, d'un côté, les deux doigts internes et les deux doigts externes respectivement soudés; 2 ont, d'un côté, deux doigts soudés, et, de l'autre, les deux doigts internes et les deux internes respectivements soudés; 1 a deux doigts (soudés l'un à l'autre) aux deux pattes antérieures.

L'animal ayant trois orteils aux deux pattes postérieures a également trois doigts aux deux pattes antérieures.

Chez les 130 crapauds gynogénétiques à pattes postérieures normales, on trouve 7 sujets anormaux quant aux pattes antérieures : 4 ayant, d'un côté, deux doigts soudés; 2 ayant, des deux côtés, deux doigts soudés; 1 ayant trois doigts à l'une des pattes antérieures.

Enfin, chez une centaine de crapauds témoins (origine biparentale), on ne trouve aucune anomalie, ni des pattes postérieures, ni des pattes antérieures.

Il apparaît donc incontestable *que la gynogénèse favorise l'apparition des anomalies digitales chez le Crapaud*. Tchou-Su, d'ailleurs, avait déjà noté que, sur trois petits crapauds gynogénétiques, obtenus par faux-hybridisme (fécondation des œufs de *Bufo bufo* par du sperme de *Hyla arborea*), « deux n'avaient que quatre doigts, au lieu de cinq, aux membres postérieurs, trois au lieu de quatre aux pattes antérieures. Le fait nous a frappé parce qu'il est très fréquent dans les élevages de vrais hybrides d'Urodèles de Bataillon » ([3]).

([2]) La gynogénèse était obtenue en fécondant les œufs de *Bufo* par du sperme de *Rana temporaria* préalablement soumis à l'irradiation ultraviolette; peu après la fécondation, les œufs étaient refroidis ou chauffés en vue de déterminer la diploïdie par choc thermique. J'ai ainsi obtenu plus de 200 petits crapauds à l'état parfait.

([3]) *Étude cytologique sur l'hybridation chez les Anoures* (*Arch. Anat. Micr.*, 1931, p. 30).

On a lieu de croire qu'il s'agit, dans tous ces cas, d'anomalies génétiques dont la gynogénèse a permis l'extériorisation. Je me propose de rechercher, chez les crapauds adultes, les diverses anomalies observées en élevage gynogénétique (hexadactylie, ectrodactylie, syndactylie) (1), et aussi de soumettre les femelles à des traitements expérimentaux (rayons X, radium), susceptibles d'accroître le nombre et la variété des mutations.

La séance est levée à 15h30m.

L. B.

---

(1) Sans doute faut-il ajouter la microphtalmie, car j'ai trouvé également dans mon élevage deux têtards à yeux complètement atrophiés, qui présentaient aussi des anomalies de l'appareil buccal : ils ont vécu une centaine de jours.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE

OUVRAGES REÇUS PENDANT LES SÉANCES D'AOUT 1947.

Jubilé du Médecin général inspecteur H. Vincent, Membre de l'Institut et de l'Académie nationale de médecine, 5 janvier 1946. Paris, Section technique du service de santé, 1946; 1 brochure $27^{cm},5$.

De l'atome à l'énergie nucléaire, par ANDRÉ BERTHELOT. Préface de F. JOLIOT-CURIE, Paris, Éditions Corrêa, 1947; 1 vol. 19^{cm}.

Problemi di scienza. 2. *Gli organismi e il mondo esterno,* par GIUSEPPE COLOSI. Firenze, La Nuova Italia, s. d.; 1 vol. $25^{cm},5$.

Österreichische Akademie der Wissenschaften. Denkschriften der gesamtakademie. Band 1. *Geschichte der akademie der Wissenschaften in Wien* 1847-1947, un auftrage der akademie verfasst von RICHARD MEISTER. Wien, Adolf Holzhausens, 1947; 1 vol. 30^{cm}.

Radiation cosmotelluriques (rayons Teyré). Leur topographie sur toute la planète. Leur rapport possible avec la Pathologie humaine, animale, végétale et notamment avec le Cancer, par le docteur PEYRÉ. Paris, Maison de la Radiesthésie, 1947; 1 vol. $24^{cm},5$.

Université de Liége. Cours de la Faculté des sciences. *Cinématique,* par FLORENT BUREAU. Liége, Sciences et Lettres, s. d. 1 vol. 25^{cm}.

Antoine-Laurent Lavoisier 26 August 1743, 8 *May* 1794, by HAROLD HARTLEY. Reprinted *Proceedings of the Royal Society,* A, vol. 189, 1947, 1 fasc. $25^{cm},5$.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 8 SEPTEMBRE 1947.

PRÉSIDENCE DE M. MAURICE CAULLERY.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

MYCOLOGIE. — *Sur les caractères des Polypores en culture artificielle.* Note de M. **Roger Heim**.

Depuis une dizaine d'années nous avons cultivé au Laboratoire, à l'état pur, plusieurs centaines d'espèces de Basidiomycètes à partir soit de la spore, soit de la chair, réussi à faire fructifier un grand nombre d'entre elles, essayé de préciser le déterminisme de cette fructification, et noté enfin, en fonction du pouvoir nutritif du milieu, les variations essentielles dans les cultures obtenues, apportant ainsi des arguments nouveaux, d'ordre expérimental, aux indices classiques utilisés par les systématiciens dans la distinction des formes telles qu'elles apparaissent dans la nature à l'état adulte. Les Polypores d'une part, les Agarics d'autre part, particulièrement les espèces lignicoles, nous ont fourni les principaux contingents de matériaux dans cet ordre de recherches.

Cette première Note a pour but de montrer le parti que le systématicien peut tirer ainsi de ces études morphogénétiques, qui touchent à la tératogénèse, et sont basées avant tout sur les caractères physionomiques, pigmentaires et micrographiques des cultures artificielles. Nous nous limiterons cette fois aux Polypores (Aphyllophorales) en apportant quelques premiers exemples démonstratifs.

L'étude systématique de ce groupe trouve en effet dans de tels essais culturaux des indications précieuses en faveur de la distinction, du rapprochement ou de l'identification des espèces. Ainsi en est-il notamment des genres *Ganoderma* Karst. em. Pat. et *Xanthochrous* Pat. dont les composants sont parfois de détermination délicate.

Le comportement cultural de plusieurs *Ganoderma* s'est révélé très distinct selon les espèces et a conduit au laboratoire, dans les mêmes conditions, à des types culturaux différant à la fois par leur morphologie et leurs propriétés pigmentaires : ainsi, sur même milieu, de Sabouraud par exemple, le *G. lucidum* (Leys.) donne des cultures bicolores, à endopigments, radialement sillonnées, hétérogènes, même cérébriformes à la lumière diffuse ; le *G. applanatum* (Pers.)

des cultures zonées concentriquement, avec retournement de la gélose, hétérogènes, multicolores et à endopigment; le *G. resinaceum* Boud. des cultures homogènes et monochromes, ni sillonnées ni zonées, à exopigment diffusible, à abondante exsudation; le *G. Curtisii* (Berk.) des colonies parfaitement homogènes, privées d'exsudation et de tout pigment propre ou diffus. D'autres distinctions sont mises pareillement en évidence avec les milieux classiques au malt, pomme de terre, carotte, les milieux synthétiques pauvres (Czapek, Richard, Brown, Kauffmann, Leonian) qui conduisent à une haute différenciation des colonies, celui de Lutz, ou celui — dont nous avons généralisé l'emploi — à base d'albumen de graines de *Gleditschia* (¹).

La distinction entre ces quatre types culturaux pourrait servir de base à une systématisation des espèces de *Ganoderma* dont certaines formes (*applanatum*, *australe* et *leucophæum*; *resinaceum* et *laccatum*; *lucidum* et *carnosum*; etc.) seront parfois plus nettement distinguées par le moyen des cultures artificielles que par leurs caractères naturels.

La culture de toute une gamme d'espèces européennes du genre *Xanthochrous* Pat. conduit de même à de nettes déductions systématiques.

Ainsi, le *X. perennis* (Fr. ex L.) est la seule espèce qui produise des cultures sans pigment, bien différentes de toutes les autres, ce qui confirme la position extrême de cette forme par ailleurs caractérisée par l'absence de spinules, l'habitat terricole, l'individualité du stipe, la croissance rapide et saisonnière.

Bourdot et Galzin rapprochent *X. tamaricis* Pat. et *X. corruscans* Fr. jusqu'à ne les considérer que comme des variétés du *X. rheades* (Pers.), et identifient par ailleurs *X. ribis* (Schum.) et *X. versatilis* (Q.). Or, *tamaricis* produit sur Sabouraud des cultures jaune de chrome, *corruscans* brun chocolat, nettement distinctes l'une de l'autre comme le sont celles de *ribis* et *versatilis*. Par contre, *tamaricis*, spécifiquement très différent de *ribis* selon les auteurs, en est culturalement proche, quoique dissemblable, le premier non ou à peine zoné, à pigment égal et ocracé clair, le second fortement zoné, bicolore et muni d'immenses poils hyalins très particuliers. Enfin, notre *versatilis* se montre, en culture, identique à *corruscans*, et les caractères micrographiques sont aussi

(¹) Le milieu aux graines de *Gleditschia triacanthos* ou de caroubier, qui s'inspire des travaux déjà anciens de Hérissey, nous a donné des résultats excellents pour la culture des Macromycètes, dont certains fructifient parfaitement et plus aisément dans ces conditions. Beaucoup de Polypores et d'Agarics produisent sur ce milieu des cultures nettement plus luxuriantes que sur tout autre. La méthode utilisée par Hérissey et par nous-même consiste à réduire en fine poudre l'albumen après trempage pendant 48 heures, éviction du tégument et séchage; dans chaque Erlenmeyer, on place 10^{cm^3} d'eau avec 50^{cg} de poudre d'albumen, on secoue très légèrement, on place sous la cloche à vide deux fois, durant 15 minutes, puis on soumet à la vapeur fluante. La masse se gélifie en produisant un milieu translucide et blanchâtre.

les mêmes. Ici, les indices culturaux corrigent donc les déductions tirées des confrontations entre carpophores naturels.

C'est au contraire à une confirmation que nous conduit l'étude comparative des *Xanthochrous Pini* (Brot.) et *abietis* (Karst.); cette dernière espèce, qui cause actuellement de graves dégâts aux épicéas dans le Jura suisse, ne saurait être spécifiquement confondue avec le *Tramète du Pin*, propre surtout aux pins maritimes. Les distinctions physionomiques sont confirmées par des différences entre les cultures plus finement filamenteuses et moins nettement colorées chez *abietis*. Cependant, la proximité entre leurs aspects culturaux appuie la parenté étroite de ces deux formes. Enfin, les caractères en cultures de *Pini* et d'*abietis* sont proches de ceux du *X. cuticularis* (Fr. ex Bull.), ce qui montre encore que le *Pini* est bien placé dans les *Xanthochrous* et non parmi les *Trametes* comme certains l'ont cru.

Dans ce dernier cas, le critère cultural conduit donc à une séparation. Par contre, les *Ungulina marginata* (Fr.) Pat. (forme des feuillus) et *pinicola* (Fr.) (forme des Conifères) produisent des cultures absolument identiques, ce qui confirme la supposition que l'on est déjà tenté d'émettre, malgré la distinction des supports, sur l'identité de ces deux formes.

Melanopus squamosus (Huds.) Pat. et *Polyporus Forquignoni* Q. pourraient être respectivement rapportés à deux genres différents en raison de la coloration non semblable du pied. Mais nous avons déjà signalé le caractère artificiel du genre *Melanopus*, qui tend à séparer génériquement des Champignons spécifiquement très proches, et l'on peut dire, justement, que le *Forquignoni* n'est qu'une miniature du *squamosus*. Or, les cultures confirment cette manière de voir : ainsi, sur milieu de Sabouraud, elles offrent pour ces deux Champignons le même développement mycélien abondant, cotonneux, blanc pur, les mêmes lignes marginales épaissies brun noir, le même revêtement feutré-tomenteux beige, les mêmes fructifications nodulaires, les mêmes particularités microscopiques.

Par contre, nous avons déjà signalé que le *Spongipellis spumeus* (Fr. ex Sow.) Pat. comportait au moins deux formes, distinctes en culture, l'une à développement plus rapide et à pigment brun, l'autre à pigment très atténué.

Enfin, de hautes particularités culturales peuvent confirmer la position indépendante d'un Champignon. C'est le cas du *Polyporus castaneæ* Bourdot, espèce rarissime et critique, que certains ont rattachée à tort aux *Dædalea*, ou au *Spongipellis spumeus*, ou au *Polyporus epileucus*. Mais les formations fructifères nodulaires apparaissant en milieu artificiel, agglomérées en grappes, à exsudations jaunes, à pseudo-pores constants, ne s'apparentent par leur aspect à aucune autre culture de Polypore, ce qui milite bien en faveur d'une position spécifique, et même peut-être subgénérique, tout à fait indépendante.

GÉOGRAPHIE BOTANIQUE. — *Survivances d'arbres et d'arbustes du désert nubio-arabo-scindien dans le Sahara central et occidental.* Note de M. **Auguste Chevalier.**

Dans une Note (¹) présentée au moment où nous venions de traverser le Sahara de part en part du Nord au Sud, nous avions conclu que le grand désert Nord-Africain possède une végétation fortement dégradée, *non seulement par les conditions climatiques* (*conditions qui semblent s'aggraver depuis le début de l'époque historique*), *mais aussi et surtout par l'action dévastatrice de l'Homme et des animaux domestiques.* Le Chameau et les Chèvres sont les principales causes du dépeuplement végétal progressif du Sahara. Non seulement ces animaux mangent les plantes annuelles, souvent avant qu'elles aient grainé, broutent les plantes vivaces et les jeunes plants d'arbres et d'arbustes jusqu'au ras du sol, mais il leur arrive même de brouter le haut des racines après avoir écarté le sable avec le museau. Le végétal ainsi mutilé ne repousse plus et disparaît sans avoir pu se reproduire. Cette destruction s'accomplit sans doute depuis des millénaires. L'Homme saharien fait aussi la guerre aux arbres et arbustes pour se procurer du bois. Il en résulte un appauvrissement très grand de la végétation. La plupart des espèces ligneuses ont des aires très disjointes.

Ayant, depuis notre précédente étude, prospecté la flore de différents points nouveaux du Sahara (Aïr, Adrar des Iforas et intérieur de la Mauritanie) et réexaminé dans l'Herbier du Muséum et dans nos propres collections des spécimens d'arbres et arbustes recueillis dans le désert depuis l'Atlantique jusqu'à la Mer Rouge et la Somalie, nous avons été amené à identifier des espèces de l'Ouest Saharien à des plantes de l'Est Saharien que l'on croyait jusqu'à présent constituer des espèces différentes. L'aire de ces espèces se trouve ainsi étendue considérablement, mais ce sont, comme il fallait s'y attendre, des aires très disjointes. Au Sahara central surtout, les individus sont souvent très dispersés et tendent vers l'extinction.

Comme l'a montré Th. Monod, les plantes dans le Sahara et dans les zones avoisinantes au Sud, se répartissent suivant des zones allant de l'Ouest à l'Est, mais avec une disposition en équerre très nette, la pointe de l'équerre s'incurvant en Afrique orientale vers l'équateur et même au delà. Certains genres de xérophytes ont même des représentants vivant, d'une part dans le désert Saharo-scindien et d'autre part en Zambézie, dans l'Afrique du Sud et du Sud-Ouest et même dans les Iles Mascareignes (*Salvadora*, *Dobera*, *Azima*, *Acacia*, *Olea* représentés aussi en Arabie, à Madagascar et au Cap ou en Angola).

Dès une époque géologique très ancienne (peut-être dès le début du Tertiaire), le Sahara et l'Arabie étaient en rapport avec l'Afrique du Sud par

(¹) *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 180.

des terres à xérophytes englobant les Mascareignes, et c'est ainsi que peut s'expliquer le passage des faunes et des flores de la région méditerranéenne à l'Afrique australe, et inversement. Les montagnes servaient de relais pour le passage de certains genres eurasiatiques vers le Sud; inversement les Bruyères du Cap passaient en Afrique tropicale et en Europe, comme nous l'avons montré naguère (²). Dans les plaines de ces terres de l'Afrique orientale et australe vivaient les espèces constituant le *Randflora* de Christ, dont il reste encore tant de témoins en voie d'extinction dans le Sahara oriental et même occidental. Les espèces sahariennes (arbres ou arbustes), dont l'aire disjointe va des rives de la Mer Rouge (et parfois du désert indien) au Sahara central et même à la Mauritanie, sont plus nombreuses qu'on ne le croyait. L'examen récent que nous avons fait dans les Herbiers du Muséum nous permet d'effectuer les rapprochements suivants :

1. *Olea chrysophylla* Lamk. — Le type est originaire de la Réunion (Commerson). L'espèce est aussi connue à Madagascar, en Arabie, en Afrique orientale, depuis la Haute-Égypte et l'Érythrée jusqu'au Tanganyika. Après un mûr examen des spécimens des Herbiers, nous rattachons aussi à cette espèce *O. Laperrini* Batt. et Trabut du Sahara central et *O. europaea* L. var. *maderensis* Lowe des îles macaronésiennes; enfin nous lui rattachons comme variétés, *O. ferruginea* Royle de l'Afghanistan et du désert indien, ainsi que *O. verrucosa* Willd. de l'Afrique australe et du Basutoland. *O. chrysophyila* est l'ancêtre de *O. europaea* L. dont la culture a pris naissance, comme nous le montrerons prochainement, sur les confins arabo-syriens.

2. *Zysiphus nummularia* (Burm.) Wight et Arn., connu dans le désert indien, le Belutchistan, l'Iran, l'Arabie. Nous lui rattachons *Z. saharæ* Batt. et Trabut du Sahara central et de Mauritanie qui n'en diffère nullement, ainsi qu'une étude attentive nous l'a montré.

3. *Acacia flava* (Forsk.) Schweinfurth = *A. ehrenbergiana* Hayne. Connu en Haute-Égypte, Érythrée, Arabie, Nubie, Abyssinie, Somalie. Nous l'avions signalé en 1934 dans l'Aïr. Un examen de l'Herbier du Muséum nous a permis de le reconnaître aussi des localités suivantes du Sahara central : Ahnet (Chudeau), entre Abelessa et Silet (Chipp), Tanezrouft méridional (Th. Monod). Mauritanie : Mederdra (service forestier). Parfois confondu avec *A. Seyal* Delile qui coexiste dans les mêmes régions.

4. *Myrtus Nivellii* Batt. et Trabut. Cette remarquable espèce n'était connue que du Sahara central. Nous l'avons trouvée dans des collections qui nous ont été adressées du Tibesti. A. Fiori signale (d'après Baldrati), dans un mémoire

---

(²) La contiguïté des terres n'est pas nécessaire. Les oiseaux, en volant d'une terre à l'autre, ont joué un grand rôle en transportant des graines de plantes à fruits charnus (Salvadoracées, *Ziziphus, Olea chrysophylla,* etc.).

publié en 1912, l'existence en Érythrée d'un *Myrtus* qui est peut-être cette espèce.

5. *Commiphora quadricincta* Schweinfurth (1896). Connu au Yémen et en Érythrée. Nous lui rattachons *C. aïrica* Chev. que nous avons décrit en 1934 de l'Aïr.

6. *Gymnosporia spinosa* (Forsk.) Fiori (1912). Du Soudan anglo-égyptien, Érythrée, Arabie. Décrit sous le nom de *Catha spinosa* Forsk. dès 1775. Croît aussi dans le Sahara central et en Mauritanie, désigné sous le nom de *G. saharæ* Batt. = *G. senegalensis* Engler var. *spinosa* Lœsner (1893). Le nom spécifique de Fiori est seul valable pour désigner la plante saharienne.

7. *Boscia octandra* Hochst. ex-Vesque (1882). — Espèce d'Abyssinie, Érythrée, Nubie, Cordofan, distincte spécifiquement de *B. senegalensis* Lamk. (1789) avec laquelle on la confond parfois. Elle existe aussi en Mauritanie et dans le Sahara central.

8. *Grewia tenax* (Forsk.) Aschers. et Schweinfurth. — C'est le *Chaddara tenax* Forsk. (1775), synonyme de *Grewia populifolia* Vahl (1760). Commun en Arabie, Iran, Désert indien, Afrique orientale de la Nubie au Mozambique. La même plante existe dans le Sahara central et en Mauritanie et sur les confins soudanais de tout le Sahara.

Nous pourrions allonger encore beaucoup cette liste d'arbres et d'arbustes sahariens, mais nous nous en tenons à ceux sur lesquels nous apportons des vûes nouvelles.

Fiori (1912) cite 430 espèces ligneuses en Érythrée. Maire (1936) n'en mentionne qu'une cinquantaine dans le Sahara central; le nombre semble un peu plus élevé en Mauritanie saharienne, bien que le dénombrement n'ait pas été fait complètement. Enfin une quinzaine d'espèces d'origine saharienne existent aussi dans les îles les plus arides de l'Archipel du Cap Vert.

CORRESPONDANCE.

M. **Cecil Henry Desch**, élu Correspondant pour la Section de Chimie, adresse ses remercîments à l'Académie.

GÉOMÉTRIE. — *La sphère* de Longchamps *d'un polyèdre dont les sommets sont cosphériques*. Note de M. **Victor Thébault**, présentée par M. Élie Cartan.

Notations. — A chaque sommet $A i$ ($i = 1, 2, \ldots, n$) du polyèdre (P) dont les sommets sont sur une sphère (O, R), on fait correspondre le polyèdre ($P i$) déterminé par tous les autres. Les barycentres $G i$ des polyèdres ($P i$) sont sur la sphère $[o, R/(n-1)]$ transformée de (O, R) par l'homothétie $[G, -1/(n-1)]$, G étant le barycentre des sommets $A i$ (*sphère des* $3n$ *points*). Soit K^2 la somme des carrés des distances des sommets $A i$ pris deux à deux de toutes les

manières possibles et convenons d'appeler *médianes* de (P) les droites A_iG_i, $(p) \equiv G_1 G_2 \ldots G_n$ le polyèdre *complémentaire* de (P).

1. Point et sphère fondamentaux. — Il s'agit du point Ω tel que $O\Omega = n/(n-2).OG$ où concourent les plans menés du barycentre de $(n-2)$ quelconques des sommets de (P) sur la corde qui passe par les deux sommets restants [1] (point de Kantor) et de la sphère (G, σ_P), lieu des points dont la somme des carrés des distances aux sommets A_i est égale à K^2 dont le carré du rayon vaut $[(n-1)/n^2]K^2$.

2. Sphère de Longchamps de (P). — *Son centre* Ω_1, *symétrique de* Ω *par rapport au centre* O *de* (O, R), *coïncide avec le point de* Kantor Ω_1 *du transformé de* (P) *par l'homothétie* $[G, -(n-1)]$ *et le carré du rayon est*

$$\rho_1^2 = \frac{n-1}{(n-2)^2}[4(n-1)R^2 - K^2].$$

Cette sphère est réelle, réduite à son centre, ou imaginaire selon que

$$(n-1)R^2 > \frac{K^2}{4}, \qquad (n-1)R^2 = \frac{K^2}{4}, \qquad (n-1)R^2 < \frac{K^2}{4}.$$

Théorème. — *La sphère* (Ω_1, ρ_1) de Longchamps *de* (P) *est orthogonale à la sphère fondamentale* (G, σ_P) *et le plan radical de* (O, R) *et* (G, σ_P) *se confond avec le plan polaire de* Ω_1 *pour* (G, σ_P) *et avec celui de* G *pour* (Ω_1, ρ_1).

3. Sphère de Longchamps du polyèdre (p). — Transformée de la sphère (Ω_1, ρ_1) par l'homothétie $[G, -1/(n-1)]$, son centre est Ω et le carré de son rayon

$$\rho^2 = \frac{1}{(n-1)(n-2)^2}[4(n-1)R^2 - K^2].$$

Théorèmes. — *a. Dans un polyèdre* (P), $(n-2)$ *fois la somme des carrés des arêtes aboutissant à un sommet* A_i *diminuée de la somme des carrés des distances des sommets restants pris 2 à 2 de toutes les manières possibles valent* $(n-1)(n-2)$ *fois la puissance de* A_i *pour la sphère* de Longchamps (Ω, ρ) *de* (p).

b. La sphère (a_i) *décrite sur une médiane* A_iG_i *comme diamètre, la sphère fondamentale* (G, σ_p) *de* (p) *et la sphère* (G_i, σ_{p_i}) *de* (p_i) *transformé de* (P_i) *par l'homothétie* $[G_i, -1/(n-2)]$, *appartiennent à un faisceau* (F_i).

c. Le point de Kantor Ω *de* (P) *coïncide avec le centre radical des sphères* (a_i), (G_i, σ_{p_i}) *et les* $(2n+1)$ *sphères* (a_i), (G_i, σ_{p_i}), (G, σ_p) *sont orthogonales à la sphère* (Ω, ρ) de Longchamps de (p).

d. La sphère (G_i, σ_{p_i}) *est orthogonale à la sphère* (a_i') *décrite sur* $A_i\Omega$ *comme diamètre.*

e. Les circonférences de grands cercles interceptées sur les sphères (G_i, σ_{p_i}) *par*

---

[1] S. Kantor (*Wiener Sitzungsberichte*, 1876) a considéré le point analogue d'un polygone plan dont les n sommets sont concycliques.

les plans diamétraux de ces sphères perpendiculaires aux droites $A_i\Omega$ *sont sur une sphère* (m, r) *dont le centre* m *est le point de* KANTOR *de* (p).

f. FAISCEAU REMARQUABLE DE SPHÈRES. THÉORÈME. — *Dans un polyèdre* (P) *la sphère circonscrite* (O, R), *la sphère des* $3n$ *points* $[O, R/(n-1)]$, *la sphère orthocentroïdale* (L) *décrite sur* $G\Omega$ *comme diamètre, la sphère* (m, r), *la sphère fondamentale* (G, σ_p) *et la sphère* (Ω, ρ) DE LONGCHAMPS *de* (p) *appartiennent à un même faisceau.*

Car la distance GK de G au plan radical des sphères $[O, R/(n-1)]$ et (Ω, ρ) est

$$GK = \frac{(n-2)K^2}{2(n-1)n^2\,OG},$$

et de cette relation résultent les expressions des distances KO, Ko, KL, Km, KΩ pour lesquelles

$$\overline{KO}^2 - R^2 = \overline{Ko}^2 - \frac{R^2}{(n-1)^2} = \overline{KL}^2 - \frac{\overline{G\Omega}^2}{4} = \overline{Km}^2 - r^2 = \overline{K\Omega}^2 - \rho^2.$$

4. Ces théorèmes très généraux contiennent ceux qui ont été signalés par Griffiths (²) et par nous-même (³), lorsque $n = 3$ et $n = 4$.

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Fonctions aléatoires définies sur un groupe abstrait.* Note (¹) de M. **JOSEPH KAMPÉ DE FÉRIET**, présentée par M. Henri Villat.

Dans une fonction aléatoire $X(t)$ on considère ordinairement la variable t comme un nombre réel $-\infty < t < +\infty$; en étendant au Calcul des Probabilités les méthodes de l'Analyse générale, on pourrait envisager des cas beaucoup plus généraux, par exemple des fonctionnelles aléatoires où la variable parcourt un espace fonctionnel. La représentation proposée dans une Note (²) précédente $X(t) = f(T_t\omega)$, où $T_{t+s} = T_t . T_s$, montre que l'ensemble des valeurs de t intervient en réalité comme un groupe : le groupe additif des nombres réels; elle conduit donc par une généralisation très naturelle à définir une fonction aléatoire $X(\alpha)$ où *la variable* α *parcourt un groupe abstrait.* Soient : 1° G un groupe abstrait dont on désigne par α l'élément générique, par $\alpha.\beta$ la loi de composition, par α^{-1} l'élément symétrique de α. 2° Ω un ensemble abstrait, dont ω est un point générique, sur lequel on a défini une mesure telle que : $\text{mes}\,\Omega = 1$. 3° Γ une représentation de G dans le groupe de transfor-

---

(²) *Nouvelles Annales*, 1864, p. 345 et 1865, p. 522.

(³) *Mathesis*, 1932, pp. 223-228; *L'Enseignement mathématique* (Genève), 1937, pp. 81-99; *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 1614.

(¹) Séance du 1er septembre 1947.

(²) *Comptes rendus*, **225**, 1947, p. 37.

mations biunivoques de Ω en lui-même, T_α désignant la transformation correspondant à α : $T_{\alpha.\beta} = T_\alpha . T_\beta$; on suppose que, pour tout $E \subset \Omega$ mesurable, $T_\alpha E$ est mesurable quel que soit α. 4° $f(\omega)$ une fonction numérique réelle mesurable. 5° la catégorie d'épreuves aléatoires consistant à choisir un point ω de telle sorte que, pour tout $E \subset \Omega$ mesurable $\mathrm{Prob}[\omega \in E] = \mathrm{mes}\, E$. En posant

$$X(\alpha) = f(T_\alpha \omega), \tag{1}$$

on définit une fonction aléatoire sur le groupe G; pour tout ensemble fini $(\alpha_1, \ldots, \alpha_n)$ d'éléments de G et de nombres réels $(\xi_1, \ldots, \xi_n)$

$$\mathrm{Prob}[X(\alpha_1) < \xi_1, \ldots, X(\alpha_n) < \xi_n] = \mathrm{mes} \bigcap_k T_{\alpha_k^{-1}} E(f, \xi_k). \tag{2}$$

Par exemple, lorsque G est le groupe additif des nombres entiers ou le groupe additif des nombres réels, $X(\alpha)$ correspond respectivement à une suite de variables aléatoires ou à une fonction aléatoire au sens de Khintchine. On obtient des exemples intéressants en supposant $\Omega \equiv G$ (Ω est l'espace de groupe de G) et choisissant pour Γ le groupe des translations à gauche $T_\alpha \omega = \alpha . \omega$, ou des translations à droite $T_\alpha \omega = \omega . \alpha$, ou des automorphismes intérieurs $T_\alpha \omega = \alpha^{-1} . \omega . \alpha$. Supposons en particulier que G soit un *groupe topologique localement compact;* on sait qu'il existe une mesure, la *mesure de Haar*, invariante pour les translations à gauche : $\mathrm{mes}\, T_\alpha E = \mathrm{mes}\, E$. En posant

$$X(\alpha) = f(\alpha . \omega), \tag{3}$$

on définit une fonction aléatoire strictement stationnaire à droite, c'est-à-dire que la loi de probabilité demeure invariante pour toute translation à droite de G,

$$\mathrm{Prob}[X(\alpha_1 . \beta) < \xi_1, \ldots, X(\alpha_n . \beta) < \xi_n]$$

conservant la valeur (2) quel que soit $\beta \in G$.

Dans le cas général pour un ω donné, l'ensemble des $\omega' = T_\alpha \omega$, quand α parcourt G, définit une *trajectoire* dans Ω; si $f(\omega)$ est sommable, l'intégrale de $X(\alpha)$ le long d'une trajectoire est un nombre aléatoire dépendant du choix de ω; dans l'exemple de la fonction aléatoire (3), lorsque le groupe G est *unimodulaire*, cette intégrale a une valeur indépendante de l'épreuve

$$\int_G X(\alpha)\, d\mu(\alpha) = \int_G f(\omega)\, d\mu(\omega);$$

telle est la forme simple prise dans ce cas par *la loi des grands nombres*.

ASTROPHYSIQUE. — *Sur les intégrales* $\int_0^\infty e^{-px}x^s K_n(x)\,dx$.

Note (1) de M. **Vladimir Kourganoff**, transmise par M. Bernard Lyot.

On peut définir les fonctions $K_n(x)$, pour toutes les valeurs réelles de x, par

$$(1)\qquad K_n(x) = x^{n-1}\int_x^\infty t^{-n}e^{-t}\,dt \qquad (n = 0, 1, 2, 3, 4, \ldots).$$

Pour $x > 0$, on a la représentation plus familière

$$(1')\qquad K_n(x) = \int_1^\infty t^{-n}e^{-xt}\,dt.$$

Ces fonctions jouent, comme on le sait, un rôle important dans la théorie de l'équilibre radiatif des atmosphères stellaires. Des recherches dans ce domaine, qui feront l'objet d'une Note ultérieure, nous ont conduit, en particulier, à faire usage des intégrales

$$(2)\qquad I_{psn}(a) = \int_0^\infty e^{-px}x^s K_n(ax)\,dx;$$

que nous nous proposons d'évaluer ici.

1° Remarquons d'abord que l'on a, en désignant par $W_{k,m}(x)$ la fonction de Whittaker,

$$(3)\qquad K_n(x) = x^{\frac{n-2}{2}}e^{-\frac{x}{2}}W_{-\frac{n}{2},\frac{1-n}{2}}(x),$$

ce qui permet d'appliquer une formule établie par Goldstein (2) pour $W_{k,m}$. Il vient

$$(4)\qquad I_{psn}(a) = a^{-(s+1)}(s+n)^{-1}s!\,F(s+1, s+n, s+n+1, -q),$$

où $F(a, b, c, x)$ désigne la *fonction* hypergéométrique et $a > 0$; $p > -a$; $s = 0, 1, 2, 3, \ldots$; $n = 1, 2, 3, \ldots$; $q = (p/a)$.

En considérant $I_{psn}(a)$ comme une intégrale double, dans le plan x, t, on retrouve (4) par une voie plus élémentaire, si, utilisant (1') et intervertissant l'ordre des intégrations, on se sert de la représentation intégrale de $F(a, b, c, x)$.

2° On obtient une formule plus commode pour les applications numériques, en procédant comme suit. On remplace dans $I_{psn}(a)$ la fonction $(n-1)K_n(ax)$ par $e^{-ax} - axK_{n-1}(ax)$, conformément à une identité facile à établir, et l'on

(1) Séance du 18 août 1947.

(2) *Proc. of. Lond. M. Soc.*, (2), **34**, 1932, 103 [formule (54), p. 114].

trouve une formule de récurrence qui donne, par induction,

$$(5)\quad I_{psn}(a) = (-1)^s a^{-s}(n, s)\, I_{p,o,n+s}(a) + \sum_{k=0}^{s-1}(-1)^k (n, k)(s-k-1)!\, a^{-(s+1)}(1+q)^{k-s},$$

avec $a > 0$, $q = p/a > -1$, $(n, m) = n(n+1)(n+2)\ldots(n+m-1)$ et $(n, 0) = 1$. Or, la méthode de l'intégrale double indiquée ci-dessus donne immédiatement

$$(6)\quad aq^n I_{pon}(a) = (-1)^{n+1}[\log(1+q) + \sigma_{n-1}(q)] \quad \text{pour} \quad q \geqq -1,$$

$$q \neq 0 \quad \text{et} \quad \sigma_n(q) = \sum_{k=1}^{n} \frac{(-q)^k}{k},$$

formule qui résulte d'ailleurs aussi, mais seulement pour $|q| \leqq 1$, de (4). En combinant (5) et (6), il vient

$$(7)\quad \boxed{\begin{aligned} I_{psn}(a) = (-1)^{n-1} a^{n-1}(n, s)\, p^{-n-s}[\log(1+q) + \sigma_{n+s-1}(q)] \\ + \sum_{k=0}^{s-1}(-1)^k (n, k)(1, s-k-1)\, a^{-k-1}(a+p)^{k-s} \end{aligned}}$$

où $a > 0$; $p > -a$; $s = 0, 1, 2, 3, \ldots$; $n = 1, 2, 3, \ldots$; $p \neq 0$; $q = (p/a)$. Pour $p = 0$ on a (4).

3° Si $a < 0$, on utilise la formule

$$(8)\quad K_n(x) = -\int_{-\infty}^{1} t^{-n} e^{-xt}\, dt \qquad (x < 0)$$

qui correspond à (1'), et l'on trouve par la méthode de l'intégrale double

$$(9)\quad I_{psn}(a) = -s!\, a^{-s-1} \int_{-\infty}^{1} t^{-n}(t+q)^{-s-1}\, dt.$$

Cette intégrale diverge pour $n \geqq 2$. Pour $n = 1$, on trouve, en décomposant la fonction rationelle sous le signe somme en éléments simples,

$$(10)\quad I_{ps1}(a) = s!\, p^{-s-1} \log|1+q| - s! \sum_{k=0}^{s-1}(s-k)^{-1}(a+p)^{k-s} p^{-k-1},$$

avec $a < 0$; $q = p/a < -1$; $s = 0, 1, 2, 3, \ldots$.

Une étude plus développée des fonctions $K_n(x)$ et des intégrales $I_{psn}(a)$ paraîtra prochainement aux *Annales d'Astrophysique*.

PHYSIQUE ATMOSPHÉRIQUE. — *Congélation à distance d'un nuage surfondu par ondes de choc.* Note [1] de MM. **Jacques Maurin** et **Louis Médard**, présentée par M. Henri Villat.

1. Divers témoignages visuels qualitatifs existent déjà concernant la congélation de brouillards surfondus par ondes matérielles, leur source étant, soit un klacson [2], soit une sirène à ultra-sons [3], soit un fusil [4].

Pour les ondes de choc, nous venons de réussir à caractériser quantitativement le phénomène, l'amplitude de la congélation étant mesurée par la diminution du givrage de profils témoins.

Dans ce but, une série d'explosions cadencées a été entretenue, en brouillard givrant naturel, devant la soufflerie de givrage de l'O. N. E. R. A. située au Mont-Lachat. Cette soufflerie, de section minima $1^{m},40 \times 3^{m},30$, débite 215^{m^3} par seconde. Un bâti portant 35 cartouches à amorce électrique de chacune 50^{g} de tétranitrate de pentaérythrite (penthrite), explosif à front d'onde raide, était situé à $6^{m},50$ devant la soufflerie et dans son axe. Trois tubes témoins, aérodynamiquement identiques, en acier creux de 15^{cm} de long et 21^{mm} de diamètre, pesant 168 à 175^{g} chacun, pouvaient, dans la soufflerie, soit givrer, soit être masqués par une cache profilée.

Dès l'obtention de la vitesse de régime du moteur de la soufflerie, soit environ 600 t. par minute, les trois témoins givraient successivement pendant chacun 258 s, le premier et le troisième sans explosions, le deuxième avec explosions cadencées à intervalles de 7,4 s. Les témoins étaient alors démontés et repesés avec une balance au centigramme. La moyenne des poids des témoins 1 et 3 étaient enfin comparée au poids du témoin 2.

2. Après une première expérience de mise en place, ayant présenté plusieurs incidents, l'expérience proprement dite eut lieu le 5 mars 1947. Les conditions météorologiques étaient les suivantes : température $-1^{o},5$; humidité 100 % ; vitesse du vent naturel 4,5 m/s.

Après quelques corrections nécessitées par les conditions expérimentales, les résultats obtenus ont été les suivants : 1^{er} témoin $2^{g},1$; 2^{e} témoin $0^{g},76$; 3^{e} témoin $1^{g},8$; soit 61 % d'antigivrage.

3. Le rayon d'action R de l'explosion se calcule en égalant la proportion d'antigivrage au rapport, au volume absorbé par la soufflerie entre deux explosions, de sa partie commune avec la sphère d'action supposée homogène par isotropie.

---

[1] Séance du 1er septembre 1947.

[2] Yves, *J. Aeron. Sty*, 8, 1941, 3, pp. 120-122.

[3] M. Palme, *Rapports au G. R. A.* (non publiés), 1943-1945.

[4] *Time*, 27 février 1947, p. 37.

L'entrée de la soufflerie débouche au Sud au centre d'un mur vertical limité par deux murs perpendiculaires. Pour calculer simplement le volume d'absorption précité, on réduit la soufflerie à un puits P, on suppose un vent $\overline{V}$ horizontal et parallèle au mur, c'est-à-dire d'Ouest (le vent réel fut Sud-Ouest), enfin on prolonge indéfiniment le mur, ce qui est licite puisqu'à son angle Ouest le vent crée un tourbillon laissant intacts les filets côté Sud. La vitesse $\overline{v}$ d'aspiration due au puits en un point M en l'absence de vent s'obtient en divisant le débit Q par la surface de la demi-sphère équipotentielle de rayon $\overline{r}=\overline{PM}$, soit $v=-\overline{k}/r^2$ avec $k=Q/2\pi$. La vitesse résultante en M sera $\overline{R}=\overline{V}+\overline{v}$. Soient le point P et l'horizontale du mur (D) issue de ce point et positive vers l'Est, l'origine et l'axe de coordonnées polaires; soient comme variables l'angle $\alpha=(D).PM$ et le rayon $\overline{r}=\overline{PM}$, ainsi que la distance y de M au mur. Quand α et r restent identiques, les vecteurs $\overline{V}$, $\overline{v}$ et $\overline{R}$ se reproduisent par la même rotation que M; le volume d'absorption est de révolution autour de (D), et composé des courbes de filets fluides enveloppes de R, soit :

$$r=\frac{\left(C-\frac{2k}{V}\cos\alpha\right)^{\frac{1}{2}}}{\sin\alpha}.$$

Le filet limite s'arrêtera sur le mur avec $R=0$, ce qui donne $V=k/R^2$ et $C=0$. Le volume d'absorption de révolution a donc comme méridienne :

$$r=\frac{5{,}85}{V^{\frac{1}{2}}\cos\left(\frac{\alpha}{2}\right)}\quad \text{ou}\quad y=\frac{11{,}7.\sin\left(\frac{\alpha}{2}\right)}{V^{\frac{1}{2}}},$$

courbe à asymptote $y=11{,}7/V^{1/2}$, assez vite atteinte pour assimiler le volume à un demi-cylindre engendré par l'asymptote et ayant pour base le plan vertical axial du puits, le bec ainsi amputé compensant l'adjonction du volume asymptotique.

Le rayon du cylindre est $11{,}7/4{,}5^{1/2}=5^{m},52$, et sa longueur x telle que $(5^{m},52)^2\,x/2=7^{s},4.215\,m^3/s.$, ce qui donne $x=33^{m},3$. L'intersection de la sphère d'action de l'explosion avec l'axe du cylindre sera donc située à $33^{m},3\times 0{,}61=20^{m},3$ du puits P, ce qui donne pour rayon d'action $R=[(20{,}3)^2+(6{,}5)^2]^{1/2}=21^{m},3$.

Un dépouillement aussi précis que possible des résultats de l'expérience préliminaire conduit à une valeur du rayon d'action $R=20^{m}$, en accord avec les résultats de l'expérience précitée.

On sait que 50^{g} de penthrite engendreraient à 20^{m} et en air clair une discontinuité de pression de l'ordre de 35 à 50 g/cm, dont la durée serait inférieure à 1/2000 de seconde, ceci par analogie avec des résultats connus pour la méli-

nite (⁵). Un aérosol amortissant plus rapidement les ondes, la congélation d'une gouttelette surfondue serait donc provoquée par une discontinuité de pression minima inférieure à $50/(1/2000) = 100\,000$ g/cm²/s.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Effet inhibiteur des tannins sur le développement des cultures* in vitro *du cambium de certains arbres forestiers*. Note de M. **Clément Jacquiot**, présentée par M. Roger Heim.

Ainsi que l'avait déjà remarqué R.-J. Gautheret au cours de ses recherches sur les cultures de tissu cambial d'arbres, les résultats obtenus diffèrent profondément suivant les essences. Alors qu'avec *Salix caprea* L., *Populus nigra* L., *Ulmus campestris* Sm., *Sambucus nigra* L., *Alnus glutinosa* Gaertn., on obtient facilement le développement de tissu néoformé, des essences telles que les *Quercus* et *Castanea* ne donnent à peu près aucun résultat.

Ces faits paraissent particulièrement surprenants étant donné les analogies très étroites qui existent entre tous les végétaux ligneux, en ce qui concerne la structure et l'activité de l'assise cambiale. Deux hypothèses peuvent être envisagées :

1° Absence de certaines substances excito-formatrices chez les essences dont le cambium se développe mal.

Cette explication n'est pas entièrement satisfaisante, car le tissu prélevé, en pleine activité au moment de son isolement, doit renfermer une certaine quantité de ces substances susceptibles d'assurer, au moins au début, la poursuite de la prolifération des tissus.

2° Intoxication par des produits libérés ou formés lors des lésions subies par des couches de cellules au moment du prélèvement. On peut remarquer que les écorces des *Quercus* et *Castanea* sont riches en tannins (15 à 18 %), que les *Populus*, *Salix*, *Ulmus* en contiennent peu (2 à 10 %) et que les *Sambucus* n'en renferment pas. On peut penser que ces tannins, ou les produits de leur oxydation, diffusant dans le milieu, puis réabsorbés avec l'eau par les tissus, exercent sur eux une action toxique ou tout au moins inhibitrice (peut-être l'action antioxygène mise en évidence par Lutz).

Afin de vérifier cette hypothèse j'ai procédé, au cours des étés 1946 et 1947, à des essais de cultures de cambium de *Castanea vesca*, *Quercus sessiliflora* Sm., *Q. pedunculata* Ehr., *Q. pubescens* Willd., en apportant à la technique de R.-J. Gautheret des modifications susceptibles d'abaisser la teneur en tannins du milieu environnant la culture ou d'insolubiliser ces tannins.

1^re^ *méthode*. — Si au bout de 5 ou 6 jours de culture on transporte des fragments de tissu cambial de *Quercus* sur du milieu neuf, on obtient le développement d'un certain nombre de ces fragments (10 à 20 %). En effectuant ce

(⁵) Burlot, *Mémorial de l'Art.*, v, 1920, p. 935.

transport 3 fois : les 2ᵉ, 5ᵉ et 12ᵉ jours après le prélèvement, j'ai pu obtenir le développement normal des cultures de cambium de *Quercus sessiliflora*. Avec *Castanea vesca* la survie des tissus est prolongée, mais le développement reste insignifiant.

2ᵉ *méthode*. — *Insolubilisation des tannins*. — J'ai utilisé la caféine, alcaloïde employé pour le dosage des tannins et relativement peu toxique. J'ai incorporé au milieu habituel (milieu B de R.-J. Gautheret) des doses de caféine variant de 0,1 à 0,5 %. Les fragments de cambium placés sur ce milieu, lors du prélèvement, y séjournent quelques jours et sont transportés ensuite sur du milieu B sans caféine. Dans ces conditions, j'ai pu obtenir le développement normal des fragments de cambium prélevés sur les essences suivantes :

Castanea vesca (optimum : dose de caféine 0,2 %; séjour sur milieu à la caféine : 4 jours);

Quercus pedunculata (optimum : dose de caféine 0,1 à 0,2 %; séjour sur milieu à la caféine : 4 à 6 jours);

Quercus sessiliflora (optimum : dose de caféine 0,1 à 0,2 %; séjour sur milieu à la caféine : 6 à 7 jours);

Quercus pubescens (optimum : dose de caféine 0,1 à 0,2 %; séjour sur milieu à la caféine : 6 à 7 jours).

Les conditions optima indiquées sont variables pour une même essence, la teneur en tannins étant elle-même très variable avec les conditions écologiques, et notamment l'éclairement du tronc de l'arbre. Les chiffres donnés correspondent à des arbres de futaie de densité moyenne, et donnent l'ordre de grandeur des concentrations et des temps nécessaires.

Comparaison avec l'action du pantothénate de calcium. — Lors des prélèvements, une série de fragments était placée sur du milieu B additionné de pantothénate de calcium à la concentration 10^{-6} et sans caféine. Ces fragments étaient constamment laissés sur le milieu primitif. Dans ces conditions, chez les *Quercus* on voit, vers le 7ᵉ jour, la manifestation d'un début de développement actif : la surface cambiale se couvre d'une couche de cellules blanches papilleuses. Mais ce développement ne se poursuit pas. Ces cellules se chargent de chlorophylle, la survie des tissus est prolongée, quelques houppes de tissu à structure de pseudo-thalle apparaissent çà et là au bout de 6 à 7 semaines sur quelques cultures.

Chez *Castanea*, le pantothénate provoque un développement actif sur toute la surface des fragments et pendant les 4 à 5 premières semaines ce développement est plus actif que celui des cultures traitées à la caféine. Au bout de ce temps il se ralentit, alors que chez les cultures privées de tannins il se maintient aussi actif. A partir de la 6ᵉ semaine les cultures traitées à la caféine sans pantothénate dépassent nettement les cultures pourvues de pantothénate, mais non traitées à la caféine.

Conclusion. — La haute teneur en tannins des tissus libériens de certaines

essences exerce sur le développement de cultures *in vitro* du cambium de ces essences, une influence inhibitrice qu'il est possible de supprimer, soit en abaissant suffisamment la teneur en tannins, soit en bloquant ces tannins sous forme insoluble. Chez certaines essences (*Castanea*), cette influence inhibitrice peut être compensée, au moins dans une certaine mesure, par l'emploi de pantothénate de calcium.

PHYSIOLOGIE. — *Sur le rôle de défense de l'hypothermie asphyxique.* Note (1) de M. **Jean Giaja**, présentée par M. Léon Binet.

Dans l'asphyxie par confinement, le Rat meurt, dans un même volume d'air, au bout d'un espace de temps deux fois plus long si la température de cette enceinte est de 20° au lieu d'être à la neutralité thermique du Rat, qui est de 32° environ. Dans le premier cas le Rat s'est refroidi, tandis que dans le second sa température n'a pu baisser que modérément.

Dans l'hémorragie progressive on constate chez le Rat que la mort survient pour une moindre perte de sang lorsqu'il se trouve à la température de 32° que lorsque la température ambiante est de 20°. Dans le premier cas sa consommation d'oxygène dans la période prémortelle n'est guère inférieure à la moitié de ce qu'elle est normalement, tandis que dans le second cas elle est plus que cinq fois moindre. A la neutralité thermique, une fois que l'hémorragie a atteint sa valeur mortelle, la mort survient plus vite qu'à la température de 20°. Ainsi un rat ayant perdu au cours d'une heure et demie, par trois saignées, environ 90 % de son sang (en admettant que celui-ci représente 4,5 % du poids corporel) et maintenu dans l'appareil respiratoire réglé à 20°, n'est mort qu'une heure et demie après la dernière saignée. Au moment de la mort sa température rectale était de 30°. A la température ambiante de 33°, un autre rat meurt 20 minutes après la dernière saignée, n'ayant perdu en tout que 50 % environ de son sang. Au moment de la mort, par suite de la température élevée de son milieu, sa température était presque normale.

On constate des faits semblables dans l'intoxication oxycarbonique : résistance à des doses plus élevées, survie plus longue à la température extérieure de 20° qu'à celle de 32°. Dans le premier cas le Rat a vécu plus de quatre heures dans l'atmosphère toxique avec des combustions réduites au cinquième et il a été sauvé par retour à l'air libre. Rappelons que M. Nicloux (2) avait noté incidemment l'augmentation de la résistance à l'intoxication oxycarbonique par baisse de la température corporelle, remarquant à ce sujet « qu'il s'agit là, très vraisemblablement, d'un processus de défense ».

Qu'il s'agisse d'asphyxie par manque d'oxygène dans l'air ou par défaut de

(1) Séance du 18 août 1947.

(2) *L'oxyde de carbone et l'intoxication oxycarbonique*. Paris, 1925, p. 105.

moyens de son transport, comme c'est le cas dans l'hémorragie et l'intoxication oxycarbonique, la résistance est beaucoup augmentée si l'on n'empêche pas l'organisme de produire de l'hypothermie et s'il a eu le temps de le faire. Cette hypothermie est, aussi bien par son rôle de défense que par le caractère suivant, comparable à la fièvre. Lorsque dans l'asphyxie le Rat commence à se refroidir, on ne doit pas en conclure qu'il est à bout de calorification et qu'il a abandonné sa thermorégulation. Car si l'on fait varier la température extérieure au cours de l'asphyxie, on voit le Rat hypothermique répondre à une baisse de la température ambiante par une augmentation de ses combustions, et inversement. Ce qui revient à dire qu'il y a dans l'hypothermie asphyxique une certaine thermorégulation, tout comme dans la fièvre, mais à un niveau de température au-dessous de la normale au lieu d'être au-dessus de celle-ci.

Remarquons que les conditions de neutralité thermique dont nous avons montré le désavantage dans nos expériences avec le Rat, sont précisément celles que l'Homme réalise ordinairement par sa protection vestimentaire et qui règnent dans le lit du malade.

Nous bornant à l'expérimentation physiologique et à la constatation du rôle protecteur de l'hypothermie dans les cas mentionnés, nous rappellerons que les animaux supportent sans inconvénients des hypothermies bien plus profondes que celles dont l'efficacité s'est manifestée dans les expériences relatées plus haut. Par l'effet combiné de l'air raréfié et de la température ambiante, nous avons abaissé la température du Rat, du Chat et du Chien jusqu'à 15° environ, puis les animaux se sont rétablis complètement par réchauffement.

PHYSIOLOGIE. — *Les facteurs conditionnant les variations d'excitabilité nerveuse en dépression atmosphérique chez l'Homme.* Note ([1]) de MM. **J. Beyne**, **Paul Chauchard** et M^me^ **Berthe Chauchard**, présentée par M. Léon Binet.

Pour voir si les conclusions de notre étude sur les variations d'excitabilité en dépression atmosphérique chez le Cobaye ([2]) pouvaient s'appliquer à l'Homme, nous avons mis des sujets en dépression au caisson et déterminé les variations de leurs chronaxies nerveuses (nerfs médian et radial) par la méthode habituelle, les électrodes étant fixées à l'aide de bandes pour permettre à l'observateur de se tenir hors du caisson.

A partir d'une dépression correspondant à celle de l'altitude de 4500 à 5000^m, on constate une forte augmentation des chronaxies qui prennent des valeurs allant du double au quintuple. C'est là un phénomène comparable à

([1]) Séance du 18 août 1947.

([2]) Mme A. Chauchard et M. Paul Chauchard, *Comptes rendus*, 212, 1941, p. 1005.

celui que nous avions obtenu ([3]), sous l'effet de la respiration d'un mélange gazeux appauvri en oxygène sans variation de pression. Dans certaines conditions, le rétablissement par respiration d'oxygène au moyen d'un masque spécial d'une tension d'oxygène normale dans l'air alvéolaire au cours de la dépression ramène les chronaxies à la normale. L'augmentation des chronaxies apparaît ainsi comme *une réaction à l'anoxie*. Rappelons que le système nerveux de l'Homme réagit à l'hyperoxie de façon très comparable ([4]), d'où la nécessité de régler la tension d'oxygène fournie au sujet et de n'en pas fournir un excès.

Cet heureux effet du rétablissement de la tension d'oxygène en dépression ne se produit que si la dépression a été installée lentement et cela pour des altitudes inférieures à 6000^m.

Si l'on soumet le sujet à une dépression rapide (montée fictive à 5000^m en 6 minutes par exemple), tout en lui fournissant de l'oxygène et même si l'on n'atteint pas des dépressions anoxémiantes (2500 à 3000^m), on observe toujours une certaine élévation des chronaxies; elle est moindre que celle imputable à l'anoxie et fugace (disparition en 10 à 15 minutes). Ce phénomène nous est apparu comme essentiellement lié à la *vitesse de variation de pression*. Quant à la recompression, lorsqu'elle est rapide, elle s'accompagne d'un abaissement brusque et très fugace des chronaxies.

Au cours de la dépression lentement établie (sans anoxie) chez l'Homme, quand on atteint des dépressions supérieures à 6000^m, nous avons constaté un raccourcissement des chronaxies marqué et durable; il semble s'agir ici d'un *effet physique propre de la basse pression*. Il est à noter que, dans les mêmes conditions, un fléchissement faible et fugace des chronaxies se produit vers 2500^m pour disparaître au-dessus.

C'est une diminution des chronaxies nerveuses que nous avions obtenue chez le Cobaye en dépression atmosphérique avec anoxie, et cela dès 4000^m; alors que chez cet animal l'anoxie sans dépression augmente, comme chez l'Homme, quoique plus faiblement, les chronaxies nerveuses. Nous en avions donc conclu à l'intervention en dépression d'un facteur physique supplémentaire s'ajoutant à l'anoxie. De nouvelles expériences nous ont montré qu'en dépression le rétablissement de la tension d'oxygène alvéolaire normale chez le Cobaye ne supprimait effectivement pas les troubles. Le Cobaye semble ainsi plus sensible que l'Homme à ce facteur physique qui intervient de façon à la fois plus précoce et plus marquée; chez cet animal, il n'exite pas de zone où la réaction soit purement anoxique comme chez l'Homme au-dessous de 6000^m. L'action de la vitesse de

---

([3]) J. Beyne et B. et P. Chauchard, *C. R. Soc. Biol.*, **139**, 1945, p. 929. R. Grandpierre et R. Lemaire ont récemment signalé cette montée des chronaxies en dépression. (*C. R. Soc. Biol.*, **140**, 1946, p. 546).

([4]) J. Beyne et B. et P. Chauchard, *C. R. Soc. Biol.*, **140**, 1946, p. 411.

variation de pression s'observe chez animal comme chez l'Homme, mais y est bien plus fugace; le Cobaye réagit aussi beaucoup plus vite à l'anoxie ou à l'hyperoxie.

En résumé si, en première approximation, les effets de la dépression atmosphérique sur les chronaxies nerveuses périphériques paraissent inverses chez l'Homme et le Cobaye, une étude plus poussée montre dans les deux cas l'intervention à côté du facteur principal, l'anoxie, qui est seul en jeu chez l'Homme en basse altitude (au-dessus d'un seuil) et en montée lente, celle d'une influence physique propre de la dépression, manifeste seulement en haute altitude chez l'Homme qui y est moins sensible, et celle de la vitesse de dépression ou de recompression. Ces derniers facteurs, que ne corrige pas l'apport d'oxygène, peuvent donc intervenir normalement au cours des vols en avions en cabines non étanches.

PROTISTOLOGIE. — Braarudosphæra *nov. gen., type d'une famille nouvelle de Coccolithophoridés actuels à éléments composites.* Note de M. **Georges Deflandre**, présentée par M. Maurice Caullery.

Les coccolithes, corpuscules calcaires revêtant la cellule flagellée des Coccolithophoridés, affectent des physionomies extrêmement variées, répondant à divers types qui sont à la base de la classification. En très grande majorité, ils sont arrondis et leur forme générale, si compliquée soit-elle, dérive du cercle ou de l'ellipse. Quelques rares formes de Coccolithophoridés possèdent des plaquettes quadrangulaires (losange ou parallélogramme). *Tous ces éléments sont constitués d'un seul bloc de calcite, optiquement homogène.* En lumière polarisée, nicols croisés, les coccolithes montrent une croix noire et les plaquettes quadrangulaires ont chacune une teinte uniforme, liée à leur orientation. *Cette règle ne souffrait jusqu'ici aucune exception.* Elle s'applique aussi, d'ailleurs, aux Discoastéridés [1], dont les discoasters sont des sortes de coccolithes étoilés.

L'étude d'une forme superficiellement décrite par Gran et Braarud, sous le nom de *Pontosphæra Bigelowi* [2], m'a apporté le premier exemple d'éléments jouant chacun, morphologiquement, *le rôle d'un seul coccolithe*, mais ayant eux-mêmes une structure composite.

Je crée le genre *Braarudosphæra* [3] pour ce type méconnu de Coccolitho-

(1) G. Deflandre, *Bull. Soc. franç. de Microsc.*, 3, 1934, pp. 59-67, 19 figures.

(2) *Journ. of the biol. Board of Canada*, 1, 1935, p. 388 (*fig.* 67).

(3) *Braarudosphæra* nov. gen. Coccolithophoridé à coque dont les éléments calcaires pentagonaux sont formés chacun de cinq plaquettes accolées. Espèce type : *Braarudosphæra Bigelowi* (Gran et Braarud) Defl. comb. nov. Syn. : *Pontosphæra Bigelowi* Gran et Braarud, *loc. cit. supra.*

phoridé, dont la position systématique sera envisagée plus loin. Gran et Braarud ont reconnu, chez *Pontosphæra Bigelowi*, la présence de 12 coccolithes représentés par de simples plaques pentagonales que Kamptner a cru devoir considérer hypothétiquement comme des discolithes cupulés [4]. Or, en fait, ces éléments, qu'on ne saurait appeler coccolithes, — défi trop flagrant à l'étymologie, — sont composés chacun de cinq plaquettes de calcite, trapézoïdales (*fig.* 2), paraissant séparées les unes des autres par de faibles

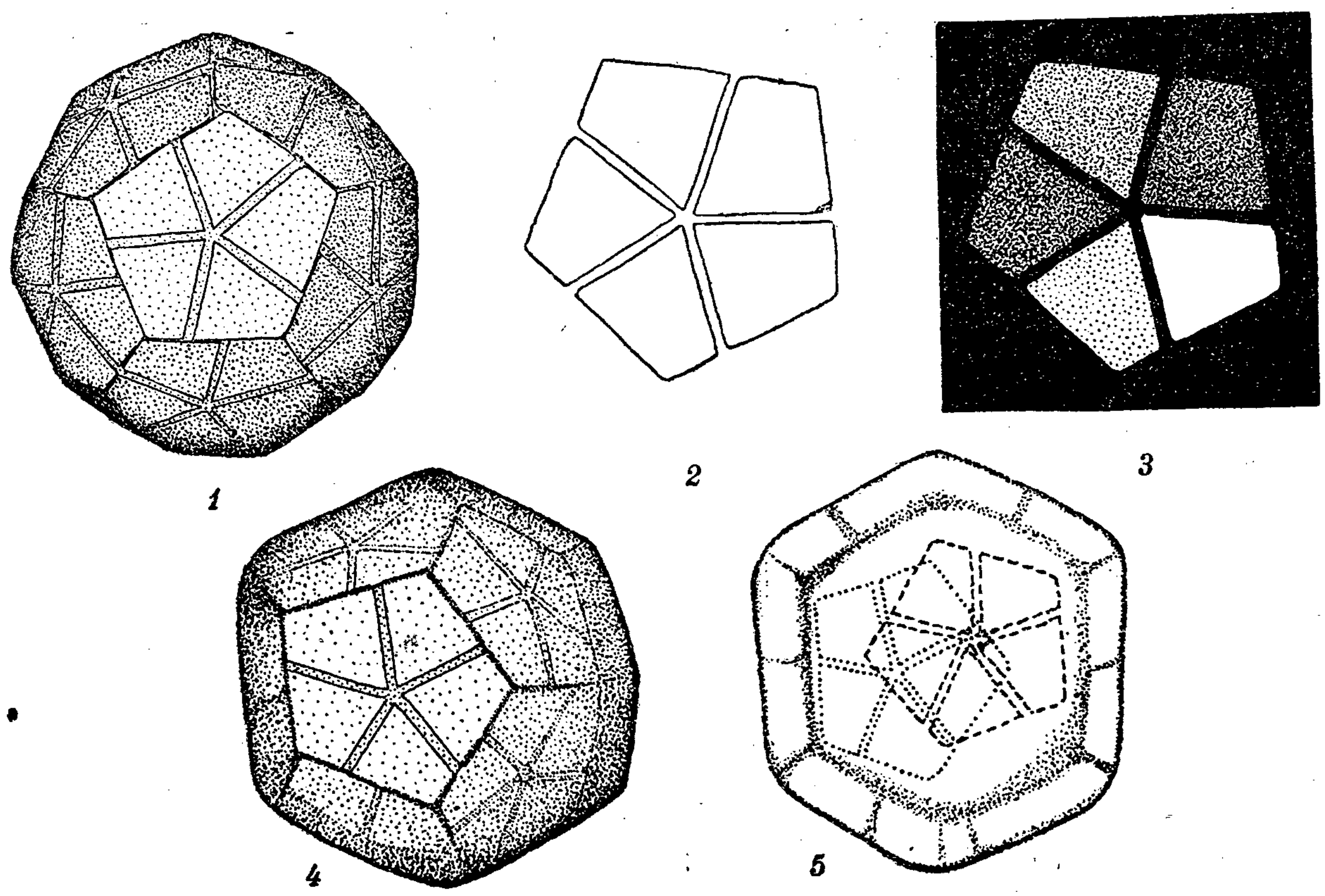


Fig. 1-5. — Coccolithophoridé : *Braarudosphæra* nov. gen. *Bigelowi* (Gran et Braarud) comb. nov. 1, coque entière; 2 et 3, un élément isolé, vu en lumière naturelle (2) et en lumière polarisée, nicols croisés (3); 4 et 5, une coque entière, orientée différemment. En 5, coupe optique montrant l'épaisseur de la paroi; en pointillé, un élément de la face supérieure, en trait interrompu, l'élément symétrique de la face opposée. Vase, Océan Atlantique, 645^{m} de prof.; à 100^{km} à l'O. de Casablanca. Grossissement : 3500.

intervalles dessinant une étoile à cinq branches. L'examen en lumière polarisée (*fig.* 3) montre que *la calcite a une orientation constante pour chaque plaquette*, les cinq axes d'extinction formant entre eux des angles de 72°. L'ensemble de ces cinq plaquettes constitue un élément rigide, possédant son individualité propre et qui se retrouve entier lors de la désagrégation de la coque de *Braarudosphæra*. Le microscope optique ne m'a pas permis, jusqu'ici, de reconnaître ce qui lui assure sa cohésion.

La cellule de *Braarudosphæra* comporte donc un revêtement calcaire affectant la forme d'un dodécaèdre régulier, chaque face pentagonale correspondant à un élément tel qu'il vient d'être décrit (*fig.* 1, 3).

Tergestiella est le seul autre Coccolithophoridé typiquement et constamment

porteur de 12 coccolithes, également disposés en dodécaèdre. E. Kamptner [(4) p. 94 et 114] considère ces coccolithes circulaires, ornementés, comme dérivés des placolithes et place en conséquence son genre *Tergestiella* auprès de *Coccolithus*. Il a pensé à un rapprochement possible entre les deux formes dodécaédriques, *Tergestiella adriatica* et *Pontosphæra Bigelowi*, supposant, avec quelque raison, le dessin de Gran et Braarud très schématique. Les précisions apportées ici démontrent que *Tergestiella* et *Braarudosphæra* n'ont en commun que le nombre constant de leurs éléments qui sont eux-mêmes essentiellement différents.

Les caractères extrêmement singuliers des éléments de *Braarudosphæra* ne permettent pas son introduction dans les cadres de la classification actuelle des Coccolithophoridés et me conduisent à créer une famille nouvelle, les *Braarudosphæridæ* (5) dont ce genre est présentement le type unique. Cette famille occupe une position tout à fait indépendante : on ne peut la rapprocher d'aucune des familles connues.

MÉDECINE. — *Sur l'action de certains corps cancérigènes chez les Céphalopodes.* Note (1) de MM. **René Jacquemain**, **Antoine Jullien** et **Robert Noel**, présentée par M. Léon Binet.

L'un de nous a montré antérieurement que les Céphalopodes constituent un matériel très favorable pour l'étude des réactions inflammatoires (2). Aussi avons-nous choisi ce groupe, et plus particulièrement la Seiche, pour l'observation des effets qui pourraient être éventuellement déclenchés par l'application de certaines substances telles que le 1.2.5.6-dibenzanthracène, dont les travaux de Burrows, Hieger et Kennaway ont révélé le pouvoir cancérigène (3).

Quelques paillettes de produit, préparé par l'un de nous, enrobées dans de la vaseline, sont introduites, à l'aide d'un trocart, sous la peau du sac viscéral, dans la partie ventrale. L'animal est ensuite mis en observation dans un bac à eau de mer renouvelée. Si, dans le début, le contact entre les tissus et le corps chimique est étroit, on voit se développer très vite une tumeur rapidement extensive, à contour ovalaire ou circulaire qui peut atteindre, en cinq jours, un diamètre de plusieurs centimères.

Macroscopiquement, la lésion, fortement surélevée, présente un aspect

---

(4) *Ann. des Naturhistor. Museum*, Wien, 51, 1941, p. 112.

(5) *Braarudophæridæ* fam. nov. (*Braarudosphæraceæ*, nomenclature botanique). Caractères du genre type *Braarudosphæra* Defl. *vide supra*.

(1) Séance du 18 août 1947.

(2) A. Jullien, *Comptes rendus*, 186, 1928, p. 526 et 210, 1940, p. 608.

(3) *Proceedings of the Royal Society of London*, B, 3, 1932, p. 238.

blanchâtre. Il n'y a aucune tendance à la formation d'un sillon d'élimination, donc une escarre. C'est là une différence essentielle avec les inflammations étudiées antérieurement par l'un de nous. En outre, des fragments de tissus autolysés et putréfiés se détachent par lambeaux.

L'examen histologique révèle des lésions caractéristiques pour l'interprétation desquelles il est indispensable d'indiquer d'abord la structure de la peau normale.

Observée en dehors de la zone tumorale, la peau offre, de dehors en dedans, la constitution suivante : au-dessous de l'épithélium de revêtement, et jusqu'au muscle, on voit une couche de tissu conjonctif lâche, riche en capillaires sanguins. Dans la partie superficielle de ce derme, existe une traînée continue de chromatophores, doublée, en dedans, par une couche d'iridocystes, dont certains sont bien caractérisés par leur noyau inclus au milieu de disques éosinophiles empilés au sein de la membrane périphérique. Le tissu conjonctif sous-épithélial contient des éléments cellulaires arrondis ou fusiformes. Ces derniers ont un noyau allongé, un protoplasme étiré dans le même sens et dépourvu de granulations. Les éléments arrondis, véritables histiocytes, ont un noyau circulaire, serti d'une bordure protoplasmique généralement mince; la plupart d'entre eux contiennent des granulations éosinophiles en quantités variables. Certains de ces noyaux présentent une incisure de profondeur variable; d'autres prennent un aspect oblong; leur protoplasme s'allonge plus ou moins; ils paraissent être une forme de transition avec les cellules fusiformes agranuleuses déjà signalées. Le muscle sous-jacent au derme est disposé en strates successives, avec orientation perpendiculaire d'une strate à l'autre.

Au fur et à mesure que l'on se rapproche de la zone tumorale et qu'on pénètre à son intérieur, on constate les modifications suivantes; l'épithélium de surface disparaît; la ligne continue des chromatophores s'efface et ceux-ci n'existent plus qu'à l'état isolé; il y a épaississement du tissu conjonctif dermique qui, dans la partie centrale de la lésion, est considérablement augmenté. On constate, là, l'existence de cellules arrondies, à noyaux homogènes, pycnotiques, dont le protoplasme, faiblement éosinophile et presque toujours dépourvu de toute différenciation visible, renferme parfois des granulations acidophiles. Il n'existe plus de cellules fusiformes, qui semblent toutes être retournées à l'état de cellules rondes.

Tous ces éléments appartiennent évidemment aux mêmes catégories que ceux de la zone normale, mais ils ont subi une autolyse massive et apparaissent disséminés sans ordre dans toute l'épaisseur du derme, jusqu'au muscle, dont la partie superficielle, dissociée, est, elle-même, pénétrée par quelques cellules histiocytaires identiques à celles rencontrées dans le derme.

Il s'agit, en somme, d'une infiltration hystiocytaire de toute la couche der-

mique, au niveau du point d'injection, par des cellules présentant, toutes, des lésions de dégénérescence et de lyse protoplasmique marquées.

En résumé, chez la Seiche, le 1.2.5.6-dibenzanthracène, en injection intradermique, provoque un type de lésion bien spécial et jusqu'alors inobservé, consistant en apparition de tumeurs rapidement extensives, qui ne présentent aucune tendance à l'élimination par les moyens de défense dont dispose l'animal. Il n'y a pas de réaction cellulaire orientée par rapport à l'agent nocif, mais seulement une infiltration réactionnelle diffuse et faible représentée par des éléments de type hystiocytaire indifférenciés ou dédifférenciés. Ce type s'oppose à celui décrit par l'un de nous dans le cas d'inflammations banales déclenchées par l'inclusion d'agents nocifs variés.

La séance est levée à 15h45m.

A. Lx.

ERRATA.

(Séance du 28 avril 1947.)

Note de M. *Victor Thébault*, Sur la géométrie récente du tétraèdre :

Page 1269, ligne 16, *au lieu de*

$$\frac{2\,ABCD}{3\,V(A^2+B^2+C^2+D^2)},$$

lire

$$\frac{2\,ABCD}{3(A^2+B^2+C^2+D^2)V}.$$

(Séance du 28 mai 1947.)

Note de M. *Victor Thébault*, Nouvelles sphères associées au tétraèdre :

Page 1614, formules (1), *au lieu de*

$$\overline{\Omega O}^2=\frac{4R^2-\Sigma(a^2+a'^2)}{4},$$

lire

$$\overline{\Omega O}^2=4R^2-\frac{\Sigma(a^2+a'^2)}{4},$$

et *au lieu de*

$$\sigma^2=\frac{\left(\overline{\Omega O}^2-R^2\right)}{3}=\frac{R^2-\Sigma(a^2+a'^2)}{12},$$

lire

$$\sigma^2=R^2-\frac{\Sigma(a^2+a'^2)}{12}.$$

Page 1615, ligne 18, *au lieu de t, lire* T_1.

Page 1616, ligne 5, *au lieu de*

$$=6R^2-\Sigma(a^r+a'^2)/2=\left(\overline{\Omega O}^2-R^2\right)/4,$$

lire

$$\frac{1}{4}[3R^2-\Sigma(a^2+a'^2)/4]=\left(\overline{\Omega O}^2-R^2\right)/4.$$

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 15 SEPTEMBRE 1947.

PRÉSIDENCE DE M. HYACINTHE VINCENT.

CORRESPONDANCE.

M. LE MINISTRE DU COMMERCE invite l'Académie à lui donner son avis sur le projet de loi et de règlement d'administration publique qui doit modifier la loi du 2 avril et le décret du 26 juillet 1919, en ce qui concerne les unités électriques et optiques.

(Renvoi à la Commission des Poids et Mesures : MM. É. BOREL, A. COTTON, A. DE GRAMONT, H. VILLAT, L. DE BROGLIE, A. CAQUOT, É.-G. BARRILLON, J. PÉRÈS, A. PÉRARD, P. CHEVENARD, J. CABANNES, G. DARRIEUS, G. RIBAUD.)

M. le SECRÉTAIRE PERPÉTUEL signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Le Général G.-F. Perrier, par M. DEHALU ;

Éloge funèbre de M. H.-C.-C. Roussilhe, par M. DEHALU.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les semi-groupes analytiques.* Note (1) de M. EINAR HILLE, présentée par M. Jacques Hadamard.

1. Soit $\mathfrak{X}$ un espace complexe (B), $\mathfrak{E}(\mathfrak{X})$ la totalité d'opérations linéaires et bornées de $\mathfrak{X}$ en $\mathfrak{X}$. Une famille à un paramètre d'opérations $T(\xi)$ de $\mathfrak{E}(\mathfrak{X})$ s'appelle un *semi-groupe* si

$$(1)\qquad T(\xi_1)\,T(\xi_2)x = T(\xi_1+\xi_2)x,\quad 0<\xi_1,\ \xi_2<\infty,\qquad x\in\mathfrak{X}.$$

La fonction abstraite $T(\xi)$ est généralement continue au sens fort quand $\xi > 0$. Pour cela il suffit, dans le cas où $\mathfrak{X}$ est séparable, que $T(\xi)$ soit faiblement mesurable.

A l'origine, les choses sont bien différentes : la fonction $T(\xi)$ n'approche en général d'aucune limite, même au sens faible, quand $\xi \to 0$. Mais dans le cas important où $\lim\limits_{\xi\to 0} T(\xi)x = x$ pour chaque x, on peut aussi établir l'existence de

---

(1) Séance du 8 septembre 1947.

la limite

$$\text{(2)}\qquad Ax = \lim_{\xi \to 0} \frac{1}{\xi}[T(\xi) - 1]x,$$

dans un domaine $\mathfrak{D}[A]$ dense en $\mathfrak{X}$. Cette opération A, qui s'appelle *génératrice infinitésimale* du semi-groupe, n'est pas bornée en général et son spectre peut remplir un demi-plan gauche. Le résolvant de l'opération A est fourni par l'intégrale de Laplace

$$\text{(3)}\qquad R(\lambda; A)x = \int_0^\infty e^{-\lambda\xi} T(\xi) x \, d\xi,$$

et, en se servant de l'une ou de l'autre des formules d'inversion de l'intégrale de Laplace, on peut aussi exprimer $T(\xi)x$ par $R(\lambda; A)x$.

Inversement, on peut partir d'une opération A, linéaire et fermée, de $\mathfrak{X}$ en $\mathfrak{X}$ telle que : 1° $\mathfrak{D}[A]$ est dense en $\mathfrak{X}$, 2° $R(\lambda; A)$ est holomorphe dans $\sigma = \mathcal{R}(\lambda) > 0$, et 3° $\sigma \| R(\sigma + i\tau; A) \| \leq 1$. Soit $\mathfrak{A}$ la classe de telles opérations. *Chaque* $A \in \mathfrak{A}$ *est la génératrice infinitésimale d'un semi-groupe* $T(\xi; A)$ *tel que* $\lim_{\xi \to 0} T(\xi; A)x = x$ *pour chaque* $x \in \mathfrak{X}$ et $\| T(\xi; A) \| \leq 1$, $\xi > 0$. En effet, on a

$$\text{(4)}\qquad T(\xi; A)x = \lim_{k \to \infty} \left\{ \frac{k}{\xi} R\left(\frac{k}{\xi}; A\right) \right\}^k x,$$

relation liée aux formules d'inversion de MM. E. L. Post et D. V. Widder (2).

On peut définir un *calcul opérationnel* pour la classe $\mathfrak{A}$ et les fonctions analytiques de la forme

$$f(\lambda) = \int_0^\infty e^{\lambda\xi} \, da(\xi),$$

où l'intégrale de Laplace-Stieltjes est supposée absolument convergente pour $\mathcal{R}(\lambda) \leq \gamma$, $\gamma > 0$, de sorte que la correspondance entre $f(\lambda)$ et $f(A)$ deviendra un *isomorphisme continu*. Dans cette correspondance, on a $e^{\lambda\xi} \to T(\xi; A)$.

2. Les propriétés de $T(\xi; A)$ comme fonction de ξ sont étroitement liées à l'étendue du spectre de l'opération A. Dans ce qui suit on va donner quelques indications sur le cas où $T(\xi; A)$ est une fonction analytique de ξ.

Soit donc $T(\xi)$ analytique dans un intervalle ouvert $(0, \varepsilon)$, $\varepsilon > 0$ arbitrairement petit. Alors on sait (3) qu'il existe une fonction $T(\zeta) \in \mathcal{E}(\mathfrak{X})$ et un domaine Σ avec les propriétés suivantes : (1) Σ est un *semi-module angulaire*, c'est-à-dire, $\zeta_1 + \zeta_2 \in \Sigma$ si $\zeta_1, \zeta_2 \in \Sigma$, $\zeta = 0$ étant un point limite de Σ, qui est d'ailleurs un domaine simplement connexe (4). (2) $T(\zeta)$ est holomorphe dans Σ et cesse d'exister en dehors de Σ. (3) $T(\zeta)$ concorde avec $T(\xi)$ sur l'axe réel positif

(2) Voir D. V. Widder, *The Laplace Transform*, 1941, p. 288.

(3) E. Hille, *Annals of Math.*, 2e série, 40, 1939, p. 15.

(4) E. Hille et M. Zorn, *Annals of Math.*, 2e série, 44, 1943, p. 557.

(4) $T(\zeta_1)\,T(\zeta_2)\,x = T(\zeta_1+\zeta_2)\,x$ pour chaque $\zeta_1, \zeta_2 \in \Sigma$ et $x \in \mathfrak{X}$. Notons de plus qu'un semi-module angulaire est, soit le plan entier, soit continu dans un demi-plan.

La norme $\|T(\zeta)\|$ *est une fonction sous-harmonique et son logarithme est sous-additif dans* Σ. Pour fixer les idées, soit Σ le secteur $|\arg\zeta| < \alpha \leqq \pi/2$. On démontre alors l'existence de

(5) $$\sigma(\varphi) = \lim_{r\to\infty} r^{-1} \log \|T(re^{i\varphi})\|, \qquad -\alpha < \varphi < \alpha.$$

La *fonction indicatrice* $\sigma(\varphi)$ est, soit continue pour $-\alpha < \varphi < \alpha$, soit identiquement $-\infty$. Dans le premier cas, $\sigma(\varphi)$ *est la fonction de support d'un domaine convexe* D. Soit $\overline{D}$ le domaine conjugué par rapport à l'axe réel (*diagramme d'indicateur conjugué*). En s'appuyant sur les méthodes classiques de M. G. Pólya [5], on démontre que *le résolvant* $R(\lambda; A)$ *est holomorphe en dehors de* $\overline{D}$ *et que tout point extrémal de la frontière de* $\overline{D}$ *est une singularité spectrale de* A. Si, au contraire, $\sigma(\varphi) \equiv -\infty$, alors $R(\lambda; A)$ est une fonction entière de λ, $\|R(\lambda; A)\| \to 0$ quand $|\lambda| \to \infty$, $(\arg\lambda| < \alpha + \pi/2$, et l'opérateur $T(\zeta)$ est un *élément quasi nilpotent* de l'algèbre $\mathcal{E}(\mathfrak{X})$, et cela pour chaque ζ. Ce cas-là se présente effectivement, par exemple, pour le semi-groupe de l'intégration fractionnaire avec $\mathfrak{X} = L(0, 1)$.

Inversement, soit l'opération $A \in \mathfrak{A}$ assujettie aux conditions suivantes : Si $\overline{D}$ est le plus petit domaine convexe dont la fermeture contient le spectre de A, si D est le domaine conjugué, et si $\sigma(\varphi)$ est la fonction de support de D, alors $\sigma(\varphi)$ devrait être définie pour $-\alpha < \varphi < \alpha$. De plus, si λ est en dehors de $\overline{D}$ à la distance $\delta(\lambda)$ de D, supposons que $\delta(\lambda)\|R(\lambda; A)\| \leqq 1$. Alors A *est la génératrice infinitésimale d'un semi-groupe* $T(\zeta; A)$, *holomorphe quand* $|\arg\zeta| < \alpha$, *dont* $\sigma(\varphi)$ *est la fonction indicatrice*.

Observons en concluant que, si Σ est tout le plan, alors $T(\zeta; A)$ est une fonction entière de ζ d'ordre un et de type normal; la fonction $\sigma(\varphi)$ est définie dans $(-\pi, \pi)$, et A est une opération bornée. Dans ce cas, les opérations $T(\zeta; A)$ forment un groupe et $T(\zeta; A) = \exp(\zeta A)$, où le second membre est défini par la série exponentielle.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Les coefficients d'une fonction univalente et le domaine étalé.* Note de M. **Aryeh Dvoretzky**, présentée par M. Jacques Hadamard.

1. On sait, d'après M. Littlewood [1], que si la fonction

(1) $$w = f(x) = x + a_2x^2 + a_3x^3 + \ldots + a_nx^n + \ldots$$

(5) *Math. Zeitschrift*, 29, 1929, p. 585.

(1) *Proceedings of the London Mathematical Society*, 2e série, 23, 1923, pp. 481-519.

est régulière et univalente dans $|x| < 1$, on a

$$a_n = O(n). \tag{2}$$

Les modules des coefficients a_n dépendent évidemment du domaine étalé Δ, image de $|x| < 1$ dans le plan de w. On peut donc améliorer (2) en tenant compte des propriétés géométriques convenablement choisies de Δ. Ainsi pour Δ étoilé on a $|a_n| \leqq n$, pour Δ convexe $|a_n| \leqq 1$, et pour Δ borné on a

$$a_n = O\left(n^{-\frac{1}{2}}\right). \tag{3}$$

Dans la présente Note nous donnons des résultats semblables au dernier pour des domaines Δ assez généraux.

2. Pour l'énoncé précis des résultats, introduisons la fonction $A(R) = A(R;\Delta)$, définie pour $R > 0$ par

$$A(R) = \max_{|w| = R} \min_{w' \notin \Delta} |w' - w|;$$

c'est-à-dire que $A(R)$ désigne le rayon du plus grand cercle ayant son centre sur $|w| = R$ et dont l'intérieur appartient à Δ. [Si toute la circonférence $|w| = R|$ est en dehors de Δ, on a, par définition, $A(R) = 0$.]

Voici quelques-uns de nos résultats :

I.	Si $A(R) = O(R^\alpha)$,	$0 < \alpha \leqq 1$,	alors	$a_n = O\left(n^{\frac{\alpha}{2-\alpha}}\right)$.
II.	$A(R) = O(1)$,		»	$a_n = O(\log n)$.
III.	$A(R) = O(R^\alpha)$,	$\alpha < 0$,	»	$a_n = O(1)$.
IV.	$A(R) = O(R^\alpha)$,	$\alpha < -2$,	»	$a_n = O\left(n^{-\frac{1}{2}+\frac{2}{2-\alpha}}\right)$.

On a aussi

I'. Si $A(R) = O(R^\alpha)$, $0 < \alpha \leqq 1$, alors $a_n = O\left(n^{\frac{\alpha}{2-\alpha}}\right)$,

et de même on a II' et IV' (III' ne diffère pas de III).

Si pour une famille de fonctions (1) les conditions concernant $A(R)$ sont vérifiées *uniformément*, alors les conclusions sur les a_n le sont aussi.

Remarque. — $A(R)$ étant toujours $O(R)$, la proposition I, avec $\alpha = 1$, donne (2) et I à IV fournissent un passage graduel de (2) à (3).

3. Ces résultats, ainsi que d'autres du même genre, se démontrent au moyen du théorème suivant :

Soit $0 < |x| = t < 1$, *alors* $|f(x)| < R_t$ *où* R_t *est la plus petite racine positive de l'équation*

$$A(R) = cR^2 \frac{(1-t)^2}{t}, \tag{5}$$

c étant une constante positive universelle. (*D'ailleurs on peut prendre* $c > 1/6$.)

Cette racine existe toujours, car $A(R)$ est continue, positive pour $R = 0$ et $O(R)$ pour $R \to \infty$.

Nous ne démontrons pas ici ce théorème, mais nous indiquons comment l'appliquer pour obtenir les résultats I à IV.

4. Par un raisonnement dû à M. Littlewood on a

$$|a_n|\, r^n \leqq \int_0^r \max_{|x|=t} |f(x)| \frac{dt}{t},$$

d'où

$$|a_n|\, r^n < \int_0^r \frac{R_t}{t}\, dt.$$

I, II et III se déduisent facilement de cette inégalité. Ainsi, pour obtenir II on remarque que si A(R) est bornée on a en vertu de (5)

$$R_t = O\left(\frac{\sqrt{t}}{1-t}\right)$$

pour $t \to 1$. Donc

$$|a_n|\, r^n = O\left(\int_0^r \frac{dt}{(1-t)\sqrt{t}}\right) = O\left(\log \frac{1+\sqrt{r}}{1-\sqrt{r}}\right).$$

Pour $R = 1-(1/n)$ on obtient II.

Pour obtenir IV il faut combiner le théorème indiqué dans 3 avec l'inégalité bien connue

$$n\, |a_n|^2 t^{2n} \leqq \max_{|x|=t} |f(x)|^2.$$

En effet, de $A(R) = O(R^\alpha)$ découle

$$R_t = O\left(t^{\frac{1}{2-\alpha}} (1-t)^{-\frac{2}{2-\alpha}}\right),$$

pour $t \to 1$. Posant $t = 1-(1/n)$ dans $n|a_n|^2 t^{2n} < R_t^2$, on a IV. (On peut supposer α quelconque, mais pour $\alpha \geqq -2$, les propositions I à III donnent des résultats meilleurs).

MÉCANIQUE ONDULATOIRE. — *Méthodes d'approximation : La condition d'extremum* $\delta \dfrac{\int \bar{\psi} H \psi\, d\tau}{\int \bar{\psi}\psi\, d\tau} = 0$ *et l'écart type de la loi de probabilité de* H. Note de M. **Edmond Arnous**.

Notations :

(f, g), produit scalaire de f par g.
$\|f\|^2 = (f, f)$, norme de f.
H, opérateur hamiltonien.
ψ, fonction d'onde, choisie dans le domaine d'existence de H.
m_1, valeur moyenne de la loi de probabilité attachée à H.
σ, *écart type* de la loi de probabilité attachée à H.

Rappelons les expressions de m_1 et de σ en fonction de H et ψ :

$$m_1 = \frac{(\psi, H\psi)}{(\psi, \psi)},$$

$$\sigma^2 = \frac{[\psi, (H - m_1)^2\psi]}{(\psi, \psi)} = \left\| (H - m_1)\frac{\psi}{\|\psi\|} \right\|^2.$$

Définition. — Si l'écart type σ s'annule, la valeur de H cesse d'être aléatoire; il n'y a plus, en effet, pour H qu'une valeur possible. On dit que la loi de probabilité *dégénère*.

Propriété a établir. — La valeur moyenne m_1 jouit, comme on sait, d'une propriété remarquable, qui est à l'origine de la plupart des méthodes d'approximation : elle passe par un extremum, chaque fois que ψ vient à se confondre avec une fonction propre de H.

Or, nous connaissons [1] une autre grandeur qui jouit de la même propriété; c'est l'écart type σ. D'une façon précise, σ passe par un minimum, en s'annulant, chaque fois que ψ vient se confondre avec une fonction propre de H.

Il est donc à peu près évident, qu'*en annulant la première variation de* m_1, *on annule aussi l'écart type* σ, *et qu'inversement, en annulant l'écart type* σ, *on annule la première variation de* m_1 : $\{\delta m_1 = 0\} \longleftrightarrow \{\sigma = 0\}$.

Dès lors, le sens concret de la condition d'extremum apparaît clairement : $\delta m_1 = 0$ *exprime la dégénérescence de la loi de probabilité de* H.

Nous allons le montrer maintenant en toute rigueur et sans passer par l'intermédiaire des fonctions propres. Mais, auparavant, il nous faut calculer la première variation de m_1.

Calcul de δm_1. — Imaginons donc que nous donnions à ψ un accroissement $\delta\psi$, dont la longueur $\|\delta\psi\|$ soit petite par rapport à $\|\psi\|$.

Dans ces conditions,

$$\delta\frac{(\psi, H\psi)}{(\psi, \psi)} = \frac{(\delta\psi, H\psi)(\psi, \psi) - (\psi, H\psi)(\delta\psi, \psi) + (\psi, H\delta\psi)(\psi, \psi) - (\psi, H\psi)(\psi, \delta\psi)}{(\psi, \psi)^2}$$

et, par suite,

$$\delta m_1 = \left(\frac{\delta\psi}{\|\psi\|}, (H - m_1)\frac{\psi}{\|\psi\|}\right) + \left((H - m_1)\frac{\psi}{\|\psi\|}, \frac{\delta\psi}{\|\psi\|}\right).$$

La démonstration est maintenant immédiate.

Démonstration.

$$\sigma = \left\| (H - m_1)\frac{\psi}{\|\psi\|} \right\| = 0$$

entraîne

$$(H - m_1)\frac{\psi}{\|\psi\|} = 0,$$

et, par conséquent, $\delta m_1 = 0$.

---

(1) E. Arnous, *Thèse*, Paris, C. D. U., 1946, p. 85.

Inversement, $\delta m_1 = 0$ entraîne

$$\left(\frac{\delta\psi}{\|\psi\|}, (\mathrm{H} - m_1)\frac{\psi}{\|\psi\|}\right) = 0,$$

quel que soit $\delta\psi$, et, par conséquent,

$$(\mathrm{H} - m_1)\frac{\psi}{\|\psi\|} = 0, \qquad \text{et} \qquad \sigma = 0.$$

Remarque. — La démonstration précédente reste valable pour un opérateur self-adjoint quelconque d'un espace de Hilbert quelconque.

ASTROPHYSIQUE. — *Sur les intégrales* $\mathrm{I}_{psnm}(a, b) = \int_0^\infty e^{-px} x^s \mathrm{K}_n(ax)\mathrm{K}_m(bx)\,dx$.

Note [1] de M. **Vladimir Kourganoff**, transmise par M. Bernard Lyot.

Nous avons, dans une Note précédente [2], défini les fonctions $\mathrm{K}_n(x)$ et trouvé deux expressions simples pour les intégrales $\mathrm{I}_{p,s,n}(a) = \mathrm{I}_{p-1,s+1,n,0}(a, 1)$.

Nous allons maintenant calculer les intégrales $\mathrm{I}_{0,0,n,m}(a, b)$, puis montrer que l'on peut réduire $\mathrm{I}_{p,s,n,m}(a, b)$, dans le cas $p \neq 0$, à la série, très rapidement convergente, de Legendre et d'Abel

$$(1) \qquad x + \frac{x^2}{2^2} + \frac{x^3}{3^2} + \frac{x^4}{4^2} + \ldots, \qquad |x| \leqq 1.$$

1° *Calcul des intégrales* $\mathrm{I}_{0,0,n,m}(a, b)$. — En remplaçant $\mathrm{K}_n(ax)$ et $\mathrm{K}_m(bx)$ par leur définition I (1′), on obtient une intégrale triple, où l'on peut intervertir l'ordre des intégrations. On trouve alors, après quelques calculs,

$$(2) \qquad \mathrm{I}_{0,0,n,m}(a, b) = \frac{1}{m+n-1}\left\{\frac{(-b)^{m-1}}{a^m}\left[\log\left(1+\frac{a}{b}\right) + \sigma_{m-1}\left(\frac{a}{b}\right)\right] + \frac{(-a)^{n-1}}{b^n}\left[\log\left(1+\frac{b}{a}\right) + \sigma_{n-1}\left(\frac{b}{a}\right)\right]\right\} \qquad \left\{\begin{array}{l} a > 0, \\ b > 0, \end{array}\right.$$

où $\sigma_n(q)$ a la même signification que dans I (6), $n = 1, 2, 3\ldots$, $m = 1, 2, 3\ldots$.

2° *Calcul des intégrales fondamentales* $\mathrm{I}_{p011}(a, b) = \mathrm{V}_p(a, b)$. — La méthode de l'intégrale triple permet de réduire ces intégrales à la fonction $\psi(x)$ de Legendre et d'Abel (*dilogarithme*) définie pour $x \leqq 1$ par

$$(3) \qquad \psi(x) = -\int_0^x t^{-1}\log(1-t)\,dt.$$

Pour $|x| \leqq 1$, $\psi(x)$ est représentée par la série (1).

Pour $x < -1$, $\psi(x)$ se ramène à la série (1) par la formule de prolongement

(1) Séance du 18 août 1947.

(2) Séance du 11 août 1947. Les formules de cette Note seront précédées de I.

analytique

$$(4)\qquad \psi(x)=\psi\left(\frac{1}{1-x}\right)-\frac{\pi^2}{6}-\log(1-x)\log(-x)+\frac{1}{2}\log^2(1-x).$$

On trouve après quelques transformations que l'on a, pour $p\neq 0$,

$$(5)\qquad pV_p(a,b)=-\frac{\pi^2}{6}+\log^2\sigma-\log\sigma\log ab+\psi\left(\frac{\sigma-a}{\sigma}\right)+\psi\left(\frac{\sigma-b}{\sigma}\right);$$
$$\sigma=a+b+p>0;$$
$$a>0;\qquad b>0.$$

En particulier on déduit de la formule (5) que

$$(6)\qquad V_1(1,1)=\int_0^\infty e^{-x}K_{1,1}^2(x)\,dx=\int_0^1 li^2 x\,dx=1{,}22855867\ldots.$$

3° *Calcul des intégrales* $I_{p,0,n,1}(a,b)$. — L'application de l'identité

$$(7)\qquad (ay+p)^{-1}y^{-n}\equiv p^{-1}y^{-n}-ap^{-1}y^{1-n}(ay+p)^{-1}\qquad (p\neq 0),$$

et une intégration par parties, conduisent à une formule de récurrence qui, jumelée avec I(6), donne

$$(8)\quad I_{p,0,n,1}(a,b)=(-1)^{n-1}\left(\frac{a}{p}\right)^{n-1}$$
$$\times\left[V_p(a,b)+\frac{1}{p}\left(\log\frac{\sigma}{b}\right)\sigma_{n-1}\left(\frac{p}{a}\right)-\frac{1}{p}\left(\log\frac{\sigma}{a}\right)\sigma_{n-1}\left(\frac{p}{a-\sigma}\right)\right.$$
$$\left.-\frac{1}{p}\sum_{\lambda=x}^{n-1}\frac{1}{\lambda}\left(\frac{p}{\sigma-a}\right)^{\lambda}\sigma_{\lambda-1}\left(\frac{\sigma-a}{a}\right)\right].$$

4° *Calcul des intégrales* $I_{p,0,n,m}(a,b)$. — En intégrant par parties $I_{p,0,n,m}(a,b)$, on trouve, compte tenu des propriétés connues de dérivation des fonctions $K_n(x)$ et de leur comportement à l'origine et à l'infini,

$$(9)\quad pI_{p,0,n,m}(a,b)=(n-1)^{-1}(m-1)^{-1}-aI_{p,0,n-1,m}(a,b)-bI_{p,0,n,m-1}(a,b).$$

Puisque nous connaissons déjà (2° et 3°) $I_{p,0,1,1}(a,b)$, $I_{p,0,n,1}(a,b)$, et $I_{p,0,1,m}(a,b)=I_{p,0,m,1}(b,a)$, la formule (9) permet de calculer de proche en proche toutes les intégrales $I_{p,0,n,m}(a,b)$. Nous avons trouvé ainsi, en posant $I_{1,0,n,m}(1,1)=J(n,m)$,

$J(1,2)=0{,}4193598$,	$J(2,2)=0{,}1612805$,	$J(3,3)=0{,}0578006$,
$J(1,3)=0{,}2426198$,	$J(2,3)=0{,}0960997$,	$J(3,4)=0{,}040992$,
$J(1,4)=0{,}1693598$,	$J(2,4)=0{,}0678739$,	$J(4,4)=0{,}029127$.

5° *Cas général*. — La formule de récurrence, qu'on obtient par une méthode analogue à celle qui conduit à I(5), donne, par induction, ($s=0, 1, 2, 3, \ldots$),

$$(10)\quad I_{p,s,n,m}(a,b)=(-1)^s a^{-s}(n,s)I_{p,0,n+s,m}(a,b)+\sum_{k=0}^{s-1}\frac{(-1)^k}{a^{k+1}}(n,k)I_{p+a,s-1-k,m}(b).$$

L'application de la formule (10) achève la résolution du problème, puisque nous savons calculer, par (9) et par I(7), les intégrales du second membre.

REMARQUE. — Dans le cas où a et b *ne sont pas* positifs tous les deux, $I_{p,s,n,m}(a, b)$ se calculent aisément en utilisant la formule I(8) et en suivant exactement la même marche que ci-dessus. Une étude plus développée des intégrales $I_{p,s,n,m}(a, b)$ paraîtra prochainement aux *Annales d'Astrophysique*.

PHOTO-ÉLECTRICITÉ. — *Influence de la fréquence des décharges, de la longueur d'onde du flux incident et de la tension appliquée sur les courbes de réponse des compte-photons à* CuI/alcool. Note [1] de Mme **Solange Lormeau** transmise par M. Louis Hackspill.

La courbe flux lumineux-nombre de décharges par minute des compte-photons de R. Audubert, sensibles dans l'ultra violet, n'est pas en général une droite.

Cette courbe, après une partie qui, pour de faibles flux, peut être assimilée à une droite, s'incurve ensuite fortement (*fig.* 1).

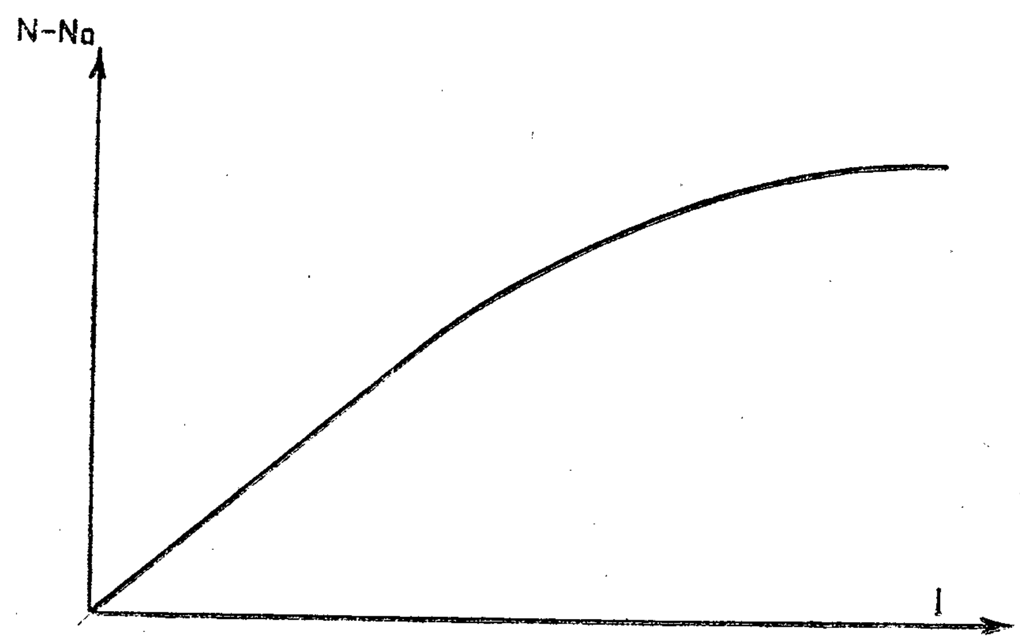


Fig. 1.

Les caractéristiques de ces courbes dépendent des conditions expérimentales.

Si l'on trace pour un même compteur diverses courbes correspondant à des conditions différentes de longueur d'onde et de tension, et si l'on multiplie les ordonnées de manière à leur donner la même pente à l'origine, on constate que pour des intensités assez grandes elles divergent assez fortement les unes des autres. Dans une région qui correspond aux faibles intensités lumineuses, on peut admettre que ces courbes sont des droites; toutefois cela n'est qu'une approximation; si l'on provoque des variations de flux de 1 à 10 en opérant de façon à réaliser un nombre élevé de décharges par minute, on constate une

[1] Séance du 7 juillet 1947.

incurvation d'autant plus importante que le nombre des décharges est plus grand dans le domaine où l'on se trouve.

La longueur d'onde de la lumière incidente intervient également. Si, toutes choses égales d'ailleurs, on trace la courbe flux lumineux-nombre de décharges pour deux longueurs d'onde, on constate que ces deux courbes sont nettement différentes. Si l'on utilise deux longueurs d'onde λ_1 et λ_2 pour lesquelles la sensibilité σ de la cellule est la même (*fig.* 2), *on obtient exactement les mêmes*

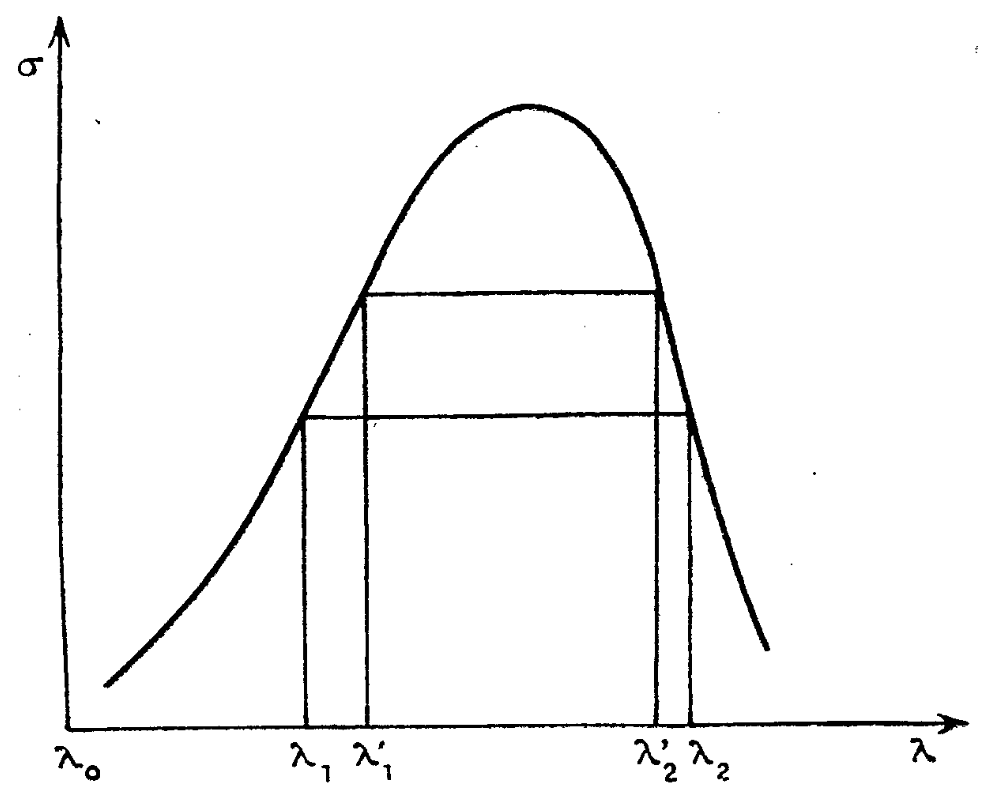


Fig. 2.

courbes. Si l'on trace les courbes correspondant à des longueurs d'onde λ_1 et λ'_1; $\lambda_2 \lambda'_2$, pour lesquelles les sensibilités sont croissantes, on constate que l'incurvation est d'autant plus grande que la sensibilité est elle-même plus grande.

Il semble donc que l'aplatissement de la courbe dépende uniquement de la sensibilité des compteurs, car les énergies qui correspondent aux longueurs d'onde λ_i et λ'_1 sont très différentes.

Nous avons ensuite étudié l'influence de la valeur initiale du flux lumineux. En utilisant des flux lumineux initiaux croissants et en traçant pour chacun d'eux les courbes intensité-nombre de décharges, on constate : que la courbe est d'autant plus aplatie que le flux initial est plus important.

Ce phénomène n'est pas dû uniquement à des différences de sensibilité initiale, car si en variant la longueur d'onde on opère de façon à avoir la même sensibilité initiale et des flux initiaux différents, on constate que la courbe qui correspond au flux le plus grand est la plus incurvée.

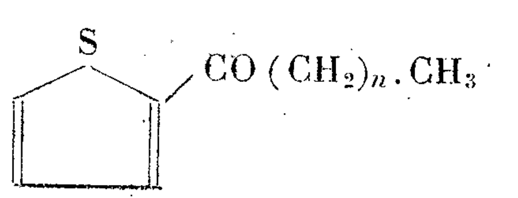
Enfin l'étude des courbes précédentes en fonction de la tension appliquée au compteur montre que, toutes choses égales d'ailleurs, les courbes sont d'autant plus aplaties que la tension est plus grande.

On peut expliquer ce dernier fait par le retard à l'amorçage de la décharge, retard qui est fonction de la tension appliquée (R. Audubert).

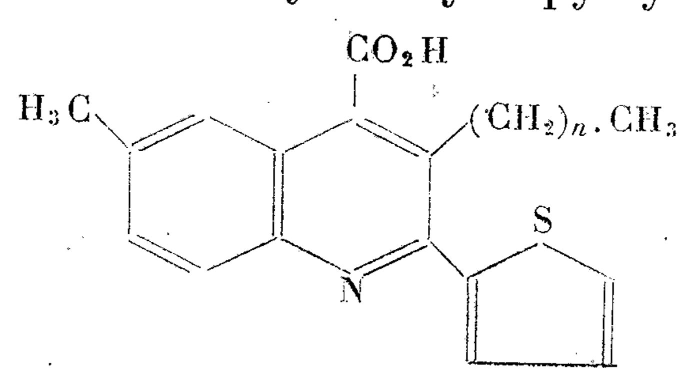
Les impulsions peuvent alors chevaucher et donnent lieu à un aplatissement supplémentaire.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Nouvelles recherches sur la réactivité des alcoyl-2 thiényl-cétones*. Note (¹) de MM. **Paul Cagniant** et **Antonin Deluzarche**, présentée par M. Marcel Delépine.

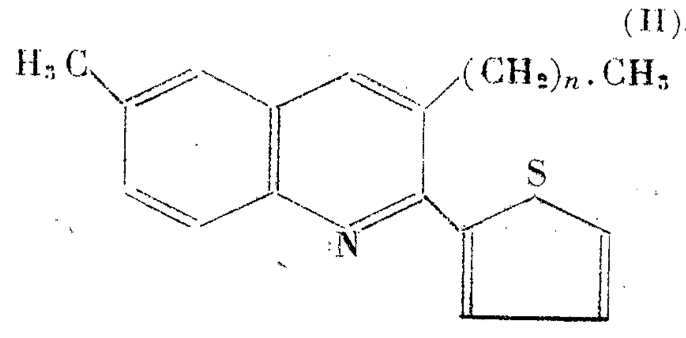
Dans une Note récente (²) nous avons étudié la condensation de l'isatine et de la méthyl-5 isatine, selon Pfitzinger, avec quelques alcoyl-2 thiényl-cétones de formule générale (I) jusqu'à $n=4$. Dans le présent travail nous avons préparé toute une série de ces cétones (I) de $n=4$ à $n=10$ et les avons condensées, sauf l'octoyl-2 thiophène, avec la méthyl-5 isatine. Nous obtenons ainsi la série correspondante des acides cinchoniques substitués de formule générale (II) qui sont facilement décarboxylés en méthyl-6 alcoyl-3 thiényl-(2'.2) quinoléines de formule générale (III). Ces bases cristallisent mieux et fondent plus haut que les bases correspondantes obtenues à partir de l'isatine. Le rendement de la réaction est faible, mais quel que soit n, toujours suffisant pour l'isolement et la purification des produits obtenus. Nous avons condensé la valérophénone avec la méthyl-5 isatine, mais sans succès, cela étant en accord avec les résultats déjà obtenus (³). Dans ce domaine, la série thiophénique se différencie totalement de la série benzénique; peut-être cette différence de réactivité, qui exclut l'hypothèse d'un empêchement stérique, est-elle due au caractère hyperaromatique du noyau thiophénique. Nous nous proposons de vérifier ce fait par l'étude de la même réaction dans d'autres séries de cétones à noyaux hétérocycliques benzoïdes, comme les alcoyl-2 furyl et pyrryl-cétones.



(I).



(II).



(III).

(¹) Séance du 4 août 1947.

(²) *Comptes rendus*, 222, 1946, p. 1148.

(³) Buu-Hoï et P. Cagniant, *Bull. Soc. Chim.*, (5), 13, 1946, p. 126.

Partie expérimentale. — Préparation des cétones (I) : Nous avons traité un mélange de $0^{mol},1$ de thiophène et $0^{mol},1$ de chlorure d'acide, dissous dans 80^{cm^3} de CS_2 et refroidi à $-10°$, par $0^{mol},13$ de Cl_3Al fraîchement sublimé et très finement pulvérisé, ajouté par petites portions en l'espace de 30 minutes et agité à la main. Après l'addition du catalyseur, on laisse la réaction se terminer à température ambiante pendant 30 minutes, puis on décompose et l'on obtient par la suite des opérations habituelles les substances désirées (I), avec un rendement de 60 à 80 % environ. Certains auteurs [4] prétendent que, dans le cas de l'acétyl-2 thiophène, cette façon de procéder ne donne que des substances résineuses, mais nous l'avons réalisée dans ce cas avec 55 % de rendement. Nous ne parlerons pas de la technique de la réaction de Pfitzinger, bien connue.

1° Caproyl-2 thiophène $C_{10}H_{14}OS$ (I, $n=4$), $É_{11}$ 136°, d_4^{17} 1,0463, n_D^{17} 1,5299. Acide méthyl-6 butyl-3 thiényl-(2'.2) cinchoninique $C_{19}H_{19}O_2NS$ (II, $n=3$), F 238° (déc.), poudre cristalline (benzène). Méthyl-6 butyl-3 thiényl-(2'.2) quinoléine $C_{18}H_{19}NS$ (III, $n=3$), $É_{18}$ 265°, F 81°, aiguilles incolores (alcool); picrate $F_{inst.}$ 186°, cristaux jaunes (benzène). 2° Heptoyl-2 thiophène [5] $C_{11}H_{16}OS$ (I, $n=5$), $É_{13}$ 152°, d_4^{15} 1,0384, n_D^{18} 1,5265. Acide méthyl-6 amyl-3 thiényl-(2'.2) cinchoninique $C_{20}H_{21}O_2NS$ (II, $n=4$), $F_{inst.}$ 182°, poudre (benzène) méthyl-6 amyl-3 thiényl-(2'.2) quinoléine $C_{19}H_{21}NS$ (III, $n=4$), F 65°, cristaux incolores (éther de pétrole); picrate $F_{inst.}$ 163°, cristaux jaunes (benzène). 3° Octoyl-2 thiophène $C_{12}H_{18}OS$ (I, $n=6$), $É_{23,5}$ 181°, d_4^{26} 1,0115, n_D^{20} 1,5186. Condensation avec l'isatine; acide hexyl-3 thiényl-(2'.2) cinchoninique $C_{20}H_{21}O_2NS$, $F_{inst.}$ 212°, petits cristaux (benzène), décarboxylé en hexyl-3 thiényl-(2'.2) quinoléine $C_{19}H_{21}NS$, F 34° cristaux incolores (éther de pétrole); picrate $F_{inst.}$ 161°. 4° Nonoyl-2 thiophène $C_{13}H_{20}OS$ (I, $n=7$) $É_{18}$ 185°, d_4^{26} 1,00, n_D^{20} 1,5150. Acide méthyl-6 heptyl-3 thiényl-(2'.2) cinchoninique $C_{22}H_{25}O_2NS$ (II, $n=6$), F 152°. Méthyl-6 heptyl-3 thiényl-(2'.2) quinoléine $C_{21}H_{25}NS$ (III, $n=5$), F 52°; picrate $F_{inst.}$ 192°, petites aiguilles jaunes (benzène). 5° Décoyl-2 thiophène $C_{14}H_{22}OS$ (I, $n=8$), $É_{17}$ 194°, d_4^{26} 0,989, n_D^{20} 1,5120. Acide méthyl-6 octyl-3 thiényl-(2'.2) cinchoninique $C_{23}H_{27}O_2NS$ (II, $n=7$) F 153°. Méthyl-6 octyl-3 thiényl-(2'.2) quinoléine $C_{22}H_{27}NS$ (III, $n=7$), F 50°; picrate $F_{inst.}$ 162°. 6° Undécoyl-2 thiophène $C_{15}H_{24}OS$ (I, $n=9$), $É_{15,5}$ 205°,5, d_4^{26} 0,980, n_D^{20} 1,5099. Acide méthyl-6 nonyl-3 thiényl-(2'.2) cinchoninique $C_{24}H_{29}O_2NS$ (II, $n=8$), F 143°. Méthyl-2 octyl-3 thiényl-(2'.2) quinoléine $C_{23}H_{29}NS$ (III, $n=8$), F 67°, cristaux incolores (éther de pétrole); picrate $F_{inst.}$ 127°. 7° Lauroyl-2 thiophène [6] $C_{16}H_{26}OS$ (I, $n=10$), $É_{17}$, 217°, d_4^{26} 0,9742, n_D^{20} 1,5058. Acide méthyl-6 décyl-3 thiényl (2'.2) cinchoninique $C_{25}H_{31}O_2NS$ (III, $n=9$), F 152°, cristaux (benzène). Méthyl-6 décyl-3 thiényl-(2'.2) quinoléine $C_{24}H_{31}NS$ (III, $n=9$), $É_{20}$ 300°, F 68°, cristaux incolores (éther de pétrole).

---

(4) Moury, Renoll et Huber *J. Amer. Chem. Soc.*, **68**, 1946, p. 1105.

(5) Déjà préparé par Schleicher (*Ber. d. chem. Ges.*, **20**, 1887, p. 1744).

(6) Déjà obtenu par Ralston et Christensen (*Ind. Eng. Chem.*, **29**, 1937, p. 194).

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur une nouvelle réaction de certaines formamides substituées.* Note de MM. **Maurice Métayer** et **Pierre Mastagli**, présentée par M. Marcel Delépine.

Au cours d'une étude entreprise sur les formamides substituées, nous avons, pour préciser certaines conditions opératoires, été amenés à étudier l'action de la chaleur et du nickel Raney sur ces amides.

Nous avons traité par la chaleur seule, les formamides suivantes :

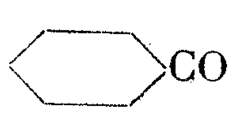
$H.CO.N.(R).CH.(CH_3).C_9H_{19}$ et $H.CO.N.(R).CH(CH_3).C_6H_5$ où (R=H ou CH_3).

A 180, 200, 220°, nous récupérons intégralement la quantité de formamide mise en réaction. A partir de 225°, il commence à se faire des produits de condensation et de résinification dont le pourcentage croît avec la température.

Par contre, en présence de nickel Raney, l'action est extrêmement nette. Si au-dessous de 190° on récupère la formamide mise en œuvre, par contre à partir de 190° une partie de l'amide entre en réaction.

C'est ainsi, qu'ayant chauffé 5^g de $H.CO.NH.CH.(CH_3).(CH_2)_8\text{-}CH_3$ et 2^g de nickel Raney pendant 5 heures à 200°, nous avons obtenu $1^g,5$ d'un liquide possédant les constantes suivantes : $É_{20}$ 120°; n_D^{32} 1,4290. Il fut identifié, avec la méthylnonylcétone (semicarbazone F 122°. Fusion mélangée avec la semicarbazone de synthèse F 122°), (2.4-dinitrophénylhydrazone F 60°. Fusion mélangée avec la 2.4-dinitrophénylhydrazone de synthèse F 60°). L'autre partie est la formamide qui n'est pas entrée en réaction. Nous avons étudié le comportement d'autres amides du même type, mais possédant un noyau, placées dans les mêmes conditions. C'est ainsi que nous avons obtenu les résultats suivants :

$H.CO.NH.CH(CH_3).C_6H_5 \rightarrow CH_3\text{—}CO\text{—}C_6H_5$ (semicarbazone F 204° F mélange 204°).
$H.CO.NH.CH(CH_3).C_6H_{11} \rightarrow CH_3\text{—}CO\text{—}C_6H_{11}$ (semicarbazone F 182° F mélange 182°).

$H\text{—}CO\text{—}NH\text{—}C_6H_{11} \rightarrow$ 

(2.4-dinitrophénylhydrazone F 158°. F mélange 158°).

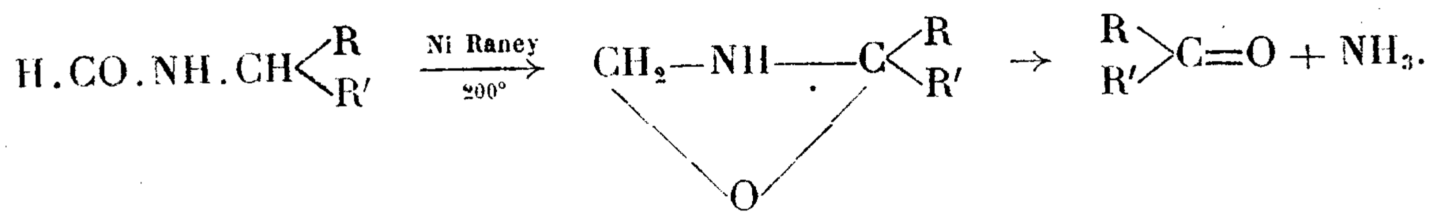
Nous avons voulu étendre la réaction aux amides secondaires. Nous avons alors remarqué que, même en élevant la température, la réaction ne se faisait plus ou se faisait mal. Les rendements sont de l'ordre de quelques pour 100. Nous avons obtenu :

à partir de	$H.CO.N(CH_3).CH(CH_3).(CH_2)_8.CH_3$	→	la méthylnonylcétone
»	$C_6H_5CH.(CH_3).N(CH_3).CHO$	→	l'acétophénone
»	$H.CO.N(CH_3).CH(CH_3).CH_2.C_6H_4.OCH_3$	→	réaction négative

Ainsi, l'introduction d'un radical sur l'azote diminue considérablement les rendements. Nous pensons qu'il y a, sous l'action du nickel Raney, apparition

d'un composé intermédiaire, mais sa formation serait entravée par un radical sur l'azote; cela expliquerait la diminution considérable du rendement observé.

Nous proposons, pour notre réaction, le schéma suivant :



Nous avons recherché sous quelle forme l'azote se détachait. Il se dégage sous forme d'ammoniac et non de méthylamine, même dans le cas des amides secondaires.

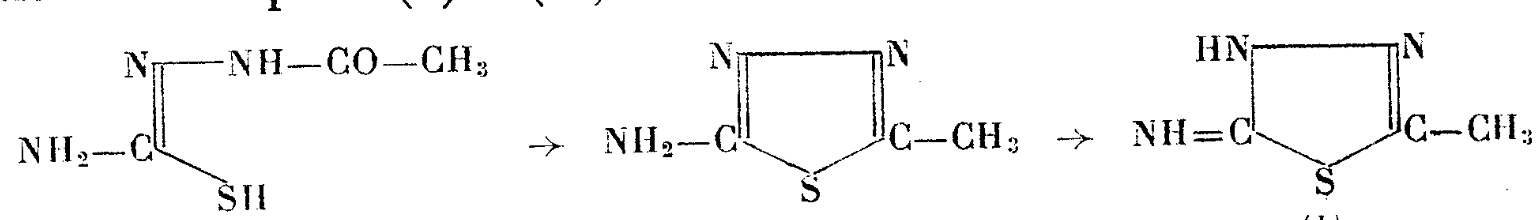
Il est très intéressant de remarquer que cette réaction est l'inverse de celle de Leuckart-Wallach qui permet de passer d'une cétone à un dérivé formylé d'amine; nous avons en effet

$$\mathrm{R.CO.R'} \underset{\text{Ni Raney à } 200^{\circ}}{\overset{\mathrm{H.CO.NH_2} \text{ à } 180^{\circ}}{\rightleftarrows}} \begin{array}{c}\mathrm{R.CH.R'}\\ |\\ \mathrm{NH.CHO}\end{array}$$

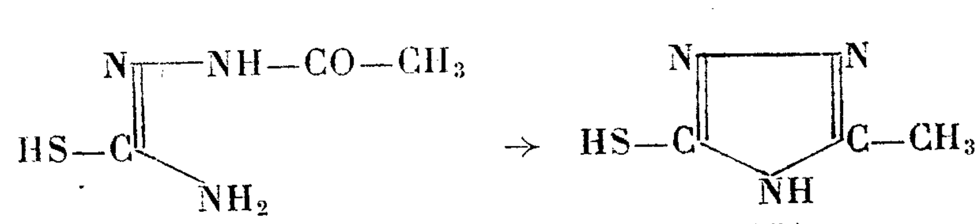
Nous nous proposons d'étendre la réaction d'abord à d'autres types de formamides et ensuite aux autres amides.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Nouvelles méthodes d'obtention d'hétérocycles dérivés de la thiosemicarbazide.* Note de M. **Maurice Girard**, présentée par M. Marcel Delépine.

L'acétylthiosemicarbazide $NH_2—C(SH)=N—NH—CO—CH_3$, obtenue par l'action de l'anhydride acétique sur la thiosemicarbazide, est susceptible, comme l'ont montré Freund et Meinecke (1) de se déshydrater et de se cycliser selon deux modes représentés par les schémas suivants et aboutissant à la formation des composés (I) et (II)



(I).



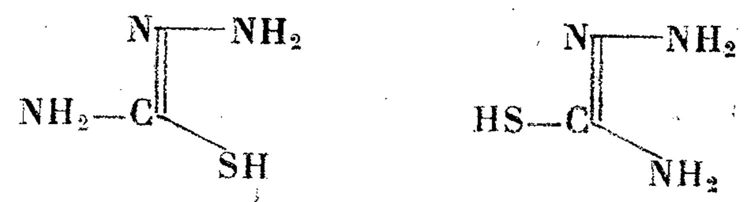
(II).

Tout se passe comme si (2) la thiosemicarbazide se comportait suivant les

(1) *Ber. d. chem. Gesells.*, **29**, 1896, p. 2511.

(2) M. Freund, *Ber. d. chem. Gesells.*, **29**, 1896, p. 2483.

deux formes stéréoisomères (α) et (β)

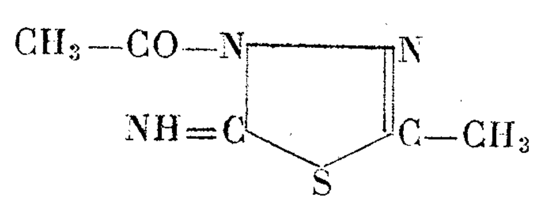


(α). (β).

La forme (I), ou C-méthyl-imino-thiodiazoline, se prépare par l'action du chlorure d'acétyle sur l'acétylthiosemicarbazide; la forme (II) ou C-méthyl-mercapto-triazol s'obtient en chauffant l'acétylthiosemicarbazide à une température légèrement supérieure à son point de fusion.

Ces deux composés (I) et (II), provenant de la cyclisation du même corps, l'acétylthiosemicarbazide, ont des propriétés très différentes l'un de l'autre. La C-méthyl-imino-thiodiazoline est basique et donne des sels avec les acides minéraux (chlorhydrate F 110°). Le C-méthyl-mercapto-triazol est acide et donne des sels avec les bases fortes.

Reprenant les expériences de Freund et Meinecke, nous avons pu observer que l'action de l'anhydride acétique en excès sur la thiosemicarbazide ne se limitait pas à la formation d'acétylthiosemicarbazide, mais qu'il se produisait concurremment, et en quantité d'autant plus importante que la température était plus élevée, le dérivé acétylé de la C-méthyl-imino-thiodiazoline (formule III)



(III).

L'acétylthiosemicarbazide et le composé (III) ont pu être séparés en utilisant leur différence de solubilité dans l'eau. Nous avons reconnu la nature de (III), d'une part en l'identifiant au produit d'acétylation de la C-méthyl-imino-thiodiazoline (épreuve du mélange des P.F. 292°), d'autre part en l'hydrolysant par les alcalis avec retour à la C-méthyl-imino-thiodiazoline.

De plus, nous avons observé un phénomène qui nous semble remarquable et inattendu. Si l'on dissout l'acétylthiosemicarbazide dans une solution aqueuse de lessive de soude à 5 % environ, on obtient, après quelques jours de contact à la température ordinaire, non pas la thiosemicarbazide comme on pouvait s'y attendre étant donné l'hydrolyse généralement facile du groupement hydrazidique par les alcalis, mais le C-méthyl-mercapto-triazol (II). La même réaction est d'ailleurs accélérée par chauffage (une heure environ à l'ébullition à reflux). On isole le C-méthyl-mercapto-triazol en le précipitant de sa solution alcaline par de l'acide chlorhydrique. Cette réaction de déshydratation et de cyclisation de l'acétylthiosemicarbazide sous l'influence de la soude aqueuse diluée, qui constitue d'ailleurs un excellent mode de

préparation du C-méthyl-mercapto-triazol, s'effectue contre toute attente au lieu de l'hydrolyse.

Nous basant ensuite sur l'extrême facilité de cyclisation de l'acétylthiosemicarbazide sous l'action de la chaleur, de l'anhydride acétique, du chlorure d'acétyle et même de la soude, comme nous l'avons montré, nous avons pensé pouvoir peut-être passer de la forme (I) à la forme (II), ou inversement, sous l'influence des bases fortes ou des acides forts, soit à froid, soit à chaud. Mais une fois obtenus, les hétérocycles (I) et (II) se montrent parfaitement stables, et dans aucun cas nous n'avons pu provoquer la transposition cherchée.

PHYTOGÉOGRAPHIE. — *Les éléments de la flore bryologique des environs de Paris.* Note (¹) de M. **Raymond Gaume**, présentée par M. Roger Heim.

La région parisienne, comprenant un territoire d'environ 100^{km} de rayon autour de la capitale, possède une végétation bryologique riche et variée, qui a déjà été étudiée notamment par E. Bescherelle, F. Camus, G. Dismier, P. Allorge et Ch. Douin. Aucun travail d'ensemble n'avait cependant été fait, jusqu'à présent, sur la flore muscinale de nos environs ainsi délimités; c'est cette étude que nous avons entreprise, en préparant un catalogue complet des Muscinées rencontrées jusqu'à ce jour sur l'étendue de ce territoire.

L'étude des différents éléments qui composent la flore bryologique parisienne fera l'objet de la présente communication.

La végétation muscinale des environs de Paris comprend un peu plus de 500 espèces (525) inventoriées jusqu'à ce jour, soit : 25 Sphaignes, 367 Mousses et 133 Hépatiques qui se répartissent comme il suit entre les divers éléments ci-après : 57 % sont des circumboréales, 8 % des cosmopolites, 1,5 % des euatlantiques, 12,5 % des subatlantiques, 9 % des méditerranéennes-atlantiques, 10,5 % des subméditerranéennes, enfin 1,5 % représente un reliquat d'espèces dont la répartition est encore mal connue en raison de leurs petites dimensions, et qui sont presque toutes signalées d'Europe seulement, comme tel est le cas pour beaucoup d'*Ephemerum*.

Espèces circumboréales. — Ces espèces, propres aux climats tempérés, ont une aire d'extension très vaste; on les rencontre tant en Europe qu'en Asie septentrionale et en Amérique du Nord. Comme on peut le constater ci-dessus, les circumboréales comprennent un peu plus de la moitié du contingent des Muscinées des environs de Paris. Parmi ces espèces circumboréales, quelques-unes peuvent manquer sur de vastes étendues; les unes sont absentes du Nouveau Monde, et ont reçu le nom d'*eurasiatiques*, telles qu'*Eurhynchium striatum* et *Frullania dilatata*; les autres, *Rhytidiadelphus loreus* et *Frullania*

(¹) Séance du 8 septembre 1947.

Tamarisci, n'ont pas encore été signalées en Asie; ce sont des *européennes-boréoaméricaines.* Par contre, certaines autres Muscinées circumboréales, débordant des limites de leur aire, se retrouvent dans l'hémisphère Sud dans des régions à climat comparable; tel est le cas de *Bartramia pomiformis* qui existe aussi en Nouvelle-Zélande. C'est là un cas de disjonction australe. Quelques espèces circumboréales présentent des disjonctions tropicales dans leur aire de répartition; un bon exemple en est fourni par *Orthotricum affine* que Demaret et Leroy viennent de découvrir au Congo Belge.

Espèces cosmopolites. — Les Muscinées appartenant à ce groupe se rencontrent dans le monde entier, sous tous les climats. La flore parisienne en possède une quarantaine, parmi lesquelles on peut citer : *Sphagnum palustre, Mnium rostratum, Hedwigia albicans, Marchantia polymorpha.*

Espèces atlantiques. — Se divisent en *euatlantiques*, dont l'aire couvre une partie ou l'ensemble du domaine atlantique, sans en dépasser les limites orientales (Allorge), et en *subatlantiques*, moins exigeantes au point de vue climatique, qui s'avancent plus ou moins en Europe centrale, hors des limites du domaine atlantique. Les espèces euatlantiques sont très rares aux environs de Paris; *Lepidozia pinnata* et *Scapania gracilis*, des grès de la forêt de Fontainebleau, en sont de bons exemples. Les subatlantiques y sont beaucoup mieux représentées (12,5 %); *Neckera pumila*, Mousse des troncs de hêtre, appartient à cette catégorie. Les subatlantiques se retrouvent en nombre assez important en Amérique du Nord, d'où le nom d'*euryatlantiques* qui leur est souvent donné dans ce cas; *Campylopus flexuosus* et *Isothecium myosuroides*, communs dans nos environs, sont des euryatlantiques.

Espèces méditerranéennes. — Comprennent les *euméditerranéennes*, qui ne quittent guère le Bassin méditerranéen, les *méditerranéennes-atlantiques* répandues dans tout le Bassin méditerranéen, mais qui empruntent les différents districts du domaine atlantique pour remonter jusqu'en Grande-Bretagne et même en Norvège méridionale, enfin les *subméditerranéennes*, qui débordent largement, soit vers l'Europe centrale, soit vers l'Europe occidentale, mais dont le centre principal de dispersion est la région méditerranéenne.

Les Muscinées euméditerranéennes sont presque absentes de la région parisienne; c'est à peine si l'on peut citer, comme appartenant à ce groupe, *Oxymitria pyramidata*, Hépatique localisée sur quelques plateaux de grès de la forêt de Fontainebleau. Les Muscinées méditerranéennes-atlantiques sont mieux représentées dans nos environs; telles sont *Tortella nitida, Bryum canariense, Gongylanthus ericetorum, Cololejeunea minutissima.* Plusieurs méditerranéennes-atlantiques se rencontrent aussi en Amérique septentrionale, où elles présentent, pour la plupart, une disjonction californienne de leur aire d'extension.

Enfin, les Muscinées subméditerranéennes, dont beaucoup sont signalées

dans tout l'hémisphère boréal et se rattachent par là aux circumboréales, mais dont l'abondance est plus grande sur le pourtour de la Méditerranée, où elles fructifient généralement, sont assez fréquentes dans nos environs. On peut citer de la région parisienne : *Barbula vinealis*, *Pottia Starkeana*, *Targionia hypophylla*, qui sont des subméditerranéennes en Europe.

Espèces montagnardes. — Enfin, pour terminer, signalons que l'élément orophile, qui se répartit entre les différentes catégories d'espèces indiquées plus haut, est, lui aussi, représenté dans les environs de Paris. C'est chez les circumboréales que l'on trouve le plus d'espèces montagnardes comme il va de soi. *Svhagnum Girgensohnii*, *Dicranum fulvum*, *Pterigynandrum filiforme*, *Ptilidium ciliare*, *Harpanthus scutatus*, sont autant de circumboréales montagnardes, d'ailleurs rarissimes dans la région parisienne.

Conclusions. — L'analyse des divers éléments de la flore muscinale de la Région parisienne nous montre que cette région, comme tous les pays à climat tempéré, est dominée par l'élément circumboréal, mais que le pourcentage relativement élevé des éléments atlantique et méditerranéen réunis que l'on y observe (33,5 %) prouve à l'évidence qu'elle est encore sous l'influence du climat océanique, et appartient, pour cette raison, au domaine atlantique. Quant aux espèce orophiles, réfugiées dans des stations froides et humides, elles font ici figure de reliques glaciaires.

CHIMIE AGRICOLE. — *Existence dans les superphosphates de deux états de* P_2O_5 *hydrosoluble.* Note (¹) de M. **Henri Margulis**, présentée par M. Albert Demolon.

On peut constater qu'en épuisant un échantillon de 1^g de superphosphate, à plusieurs reprises, par des volumes de 100$^{cm^3}$ d'eau, pendant une heure pour chaque traitement, il suffit de cinq traitements pour enlever pratiquement la totalité de l'acide phosphorique de l'échantillon (*Ann. Agr.*, 4, 1946). Pour doser l'acide phosphorique soluble d'un superphosphate, il suffirait donc de réunir la totalité des liquides provenant des cinq traitements et d'y doser P_2O_5.

Mais il est intéressant de doser séparément l'acide phosphorique extrait dans chacune des opérations successives. De la comparaison des résultats partiels on peut, en effet, déduire des renseignements sur la composition du produit.

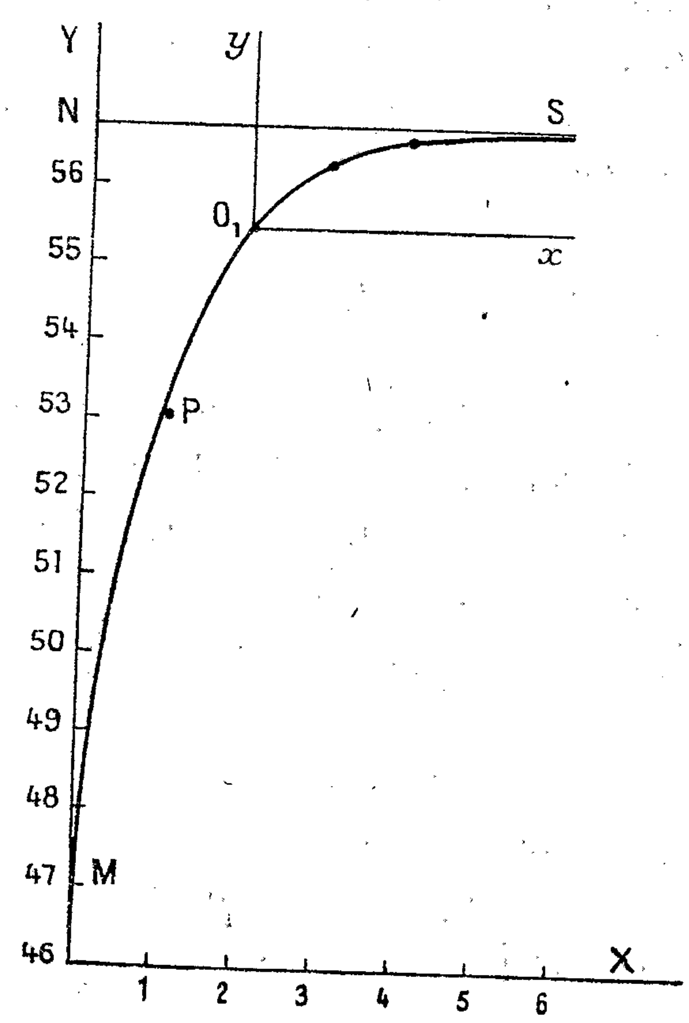
Il s'agit ici d'un superphosphate industriel choisi au hasard. Un échantillon de 1^g est agité pendant une heure avec 100$^{cm^3}$ d'eau. On centrifuge et l'on dose volumétriquement P_2O_5 dans le liquide surnageant. On trouve 53,07 en centimètres cubes de liqueur N/10 (P_2O_5/60 par litre). Le résidu solide, bien

(¹) Séance du 11 août 1947.

égoutté, est remis en suspension dans 100$^{cm^3}$ d'eau et agité pendant une heure. On recommence les mêmes opérations et l'on trouve, exprimé avec la même unité, 2,35. Dans les mêmes conditions un troisième épuisement donne 0,85, un quatrième 0,33.

On représente les résultats sur un graphique en portant sur des axes de coordonnées rectangulaires OX, OY, en abscisses les numéros d'ordre des épuisements (ce qui revient à prendre 100$^{cm^3}$ comme unité de volume du liquide d'épuisement) et comme ordonnées la totalité de P_2O_5 déjà extrait, évaluée en centimètres cubes de solution N/10.

Il est visible sur le graphique obtenu que l'opération s'effectue suivant deux



régimes bien différents. A partir du deuxième point, O_1, la courbe qui joint les derniers points, prolongée, a une allure bien régulière et admet nettement une asymptote NS dont l'ordonnée ON est très sensiblement de 56,75. Cette quantité, que nous appellerons A, exprime évidemment la quantité totale de P_2O_5 soluble à l'eau et contenue dans l'échantillon. Cette courbe peut, par extrapolation, être prolongée jusqu'à l'axe des Y qu'elle coupe en un point M d'ordonnée 47 environ. La quantité $MN = 9,7$ représente la quantité de P_2O_5 provenant, par hydrolyse probablement, d'un constituant de superphosphate C_2, un autre constituant, C_1 (phosphate monocalcique), se dissolvant directement.

Le premier point déterminé expérimentalement est un peu au-dessous de la ligne théorique OMO_1S, et cela pour deux raisons : d'abord parce que le phosphate monocalcique n'est pas soluble dans l'eau en toutes proportions;

ensuite parce que dans les premières portions du liquide d'epuisement la concentration du phosphate monocalcique C_1 est grande et retarde ainsi la décomposition du composé C_2.

On pourrait, évidemment, se contenter des résultats obtenus par extrapolation. Mais on peut en éviter les risques. Choisissons en effet, comme nouveaux axes de coordonnées, deux axes O_1x et O_1y parallèles aux premiers et passant par le point O_1 d'ordonnées $X = 2$, $Y = 55{,}42$. On peut déterminer graphiquement, sans erreur considérable, les coefficients angulaires des tangentes menées, au delà de O_1, aux différents points de la courbe. On constatera que ces coefficients angulaires dy/dx sont sensiblement proportionnels à la différence $a - y$, où a égale A diminué de l'ordonnée de la nouvelle origine. Cela veut dire que, en chaque point de cette courbe, la vitesse de dissolution est proportionnelle à la quantité de P_2O_5 restant encore à dissoudre.

On peut donc écrire : $dy/dx = k\,(a - y)$.

Par intégration on a : $-L(a - y) = kx + C$.

Pour le point O_1 on a $x = 0$; $y = 0$. D'où $C = -La$ et l'équation prend la forme : $L[1 - (y/a)] + kx = 0$.

A l'aide des données correspondant à deux points expérimentaux, on pourra calculer les constantes a et k. En particulier on trouve pour a, dont nous avons donné plus haut la signification, la valeur 1,39 qui, ajoutée à 55,42, ordonnée de O_1, donne 56,81, nombre très voisin de la valeur de A (56,75) trouvée par extrapolation comme valeur de P_2O_5, total extrait par épuisement de l'échantillon de superphosphate.

Avec l'équation munie de ses coefficients numériques, on détermine mathématiquement, pour chaque valeur de x, la valeur correspondante de y. Pour $x = -2$, on trouve $Y = -7{,}84$, ordonnée du point M dans le système O_1xy. On en déduit $C_1 = 56{,}81 - 7{,}84 = 47{,}48$, voisin aussi du nombre trouvé par extrapolation.

Sans préjuger de la composition du constituant C_2, la mise en évidence de l'existence dans le superphosphate de deux états de P_2O_5 dont le mode de solution dans l'eau diffère, constitue un fait digne d'être signalé.

ZOOLOGIE. — *Tortue luth,* Dermatochelys coriacea (*L.*), *observée à Concarneau.* Note (¹) de MM. **Henri Bouxin** et **René Legendre**, présentée par M. Louis Fage.

Le 21 août 1947, un pêcheur de Mousterlin aperçut près de Beg Meil une Tortue luth empêtrée dans des orins de casiers à homards qu'elle entraînait vers l'Ile aux Moutons. Elle était escortée de Pilotes [*Naucrates ductor* (L.)] et

(¹) Séance du 8 septembre 1947.

de Rémoras [*Echeneis remora* (L.)] qui la suivirent jusqu'à terre et dont quelques-uns purent être capturés. La Tortue fut remorquée et échouée sur la plage de Beg Meil où le pêcheur l'exhiba. Après quatre jours pendant lesquels elle fut exposée sur le sable, au soleil, et remise à l'eau chaque nuit, elle mourut. Nous pûmes alors acquérir sa dépouille et la ramener au laboratoire maritime de Concarneau où elle fut autopsiée.

C'était une femelle de $1^m,90$ de longueur totale dont l'envergure maxima, les ailerons antérieurs étendus, atteignait $2^m,25$. Elle était donc à peine plus petite que celle de septembre 1925 ($1^m,93$), un peu plus longue que celle de mai 1896 ($1^m,75$) et d'août 1930 ($1^m,80$), toutes rencontrées dans la baie de la Forêt ([2]).

Nous ne donnons pas les mensurations que nous en fîmes, en tous points comparables à celles déjà publiées par nous (1930), Desbrosses (1932) et Heldt (1933).

Dans l'intestin antérieur, nous trouvâmes en grand nombre des débris d'Amphipodes de l'espèce *Hyperia galba* (Montagu).

A la limite de l'intestin antérieur à épithélium réticulé et de l'intestin postérieur plus mince, nous détachâmes de la paroi, où elle était encastrée, une masse crémeuse tachée de vert, consistante et élastique, grossièrement hémisphérique, de $43 \times 37 \times 25^{mm}$, dont on pouvait séparer des rubans décolorés. Cette concrétion, fétide, ne donna pas les réactions de l'acide urique; elle présentait faiblement celle des phosphates. De telles formations ont déjà été signalées dans la même région de l'intestin par l'un de nous en 1925 et par Heldt chez la Luth de Gabès en 1933.

Les ovaires contenaient des œufs nombreux, peu développés, les plus gros mesurant 5^{mm}. Cela s'accorde avec notre observation de septembre 1925, tandis que les deux femelles tunisiennes de Heldt, vues en mai, avaient des ovules bien plus gros et que celle du Pornic, ouverte le 10 juillet 1765 par Fougeroux de Bonderoy, avait des œufs gros comme des oranges. Serait-ce l'indication, comme Heldt se l'est demandé, que certains individus peuvent pondre dans nos régions au début de l'été?

Depuis notre Note de 1930, deux Tortues luth ont été vues dans le Golfe de Gascogne, le 6 décembre 1930, près de Saint-Jean-de-Luz, par Brascassat et le 3 juin 1932, en baie d'Etel, par Desbrosses. Une a échoué sur la côte d'Oldenbourg en août 1930 (Greve), une a été prise sur la côte du Portugal, à Povoa de Varzin, en 1936 (Nobre). En Méditerranée, Heldt en a eu 5 en Tunisie en 1930 et 1933; une a été vue en Adriatique en 1930 (Babié), une autre en Égypte en 1936 (Faouzi). D'autres ont été signalées dans l'Atlantique occidental, au large du Maine et aux Bermudes (Babcock), au Brésil (Schubert).

([2]) L. Vaillant, *Comptes rendus*, **123**, 1896, p. 654; R. Legendre, *Comptes rendus*, **181**, 1925, p. 380; J. et H. Bouxin et R. Legendre, *Bull. Soc. zool.*, 55, 1930, p. 521.

Une a été prise dans le détroit de Tatarie le 10 octobre 1936, ce qu'Emelianov considère comme une preuve du réchauffement des régions arctiques. Dans une série de publications, Deraiyagala a décrit la ponte sur les plages de Ceylan, la vie embryonnaire et quelques individus de petites tailles.

Toutes les Tortues luth observées dans nos régions sont des adultes de $1^{m},50$ à $2^{m},50$, pesant 200 à 500^{kg}. On en a vu en toutes saisons, même en décembre et en février, mais leurs captures, toujours isolées, sont plus nombreuses en période chaude, surtout en mai et en août; approchent-elles des côtes pour pondre ou bien suivent-elles des dérives d'eaux chaudes ? Certaines années, on en a signalé en plusieurs points de l'Atlantique oriental, par exemple en 1930 (6 individus), 1933 (3), 1925 (2); leurs déplacements sont-ils favorisés par certaines conditions météorologiques et océaniques spéciales ?

BIOLOGIE QUANTIQUE. — *Considérations théoriques en Biologie.* Note [1] de M^me^ **Paulette Destouches-Février.**

1. En constatant que la physique moderne se présente sous forme de théories, on est amené à se demander s'il est possible de constituer des théories analogues en biologie. A priori rien ne s'y oppose, mais c'est seulement leur adéquation aux résultats d'expériences qui permettra de répondre à cette question. Cependant on peut déjà examiner les caractères fondamentaux que devrait présenter une telle théorie.

2. Il faut poser d'abord que son but, comme celui d'une théorie physique, est le calcul de prévisions concernant les résultats de mesures ultérieures à partir des résultats de mesures initiales. Cette supposition entraîne que tous les résultats de la théorie générale des prévisions [2] sont valables ici. On remarquera, d'autre part, que toute mesure, qu'elle soit physique ou biologique, s'exprime en termes de physique.

3. Si l'étude d'un être vivant ne faisait intervenir que des considérations de physique macroscopique, un tel être pourrait être considéré comme un système physique limité par une membrane, effectuant des échanges avec l'extérieur, et évoluant d'une manière particulière. Mais des raisons tirées de l'expérience conduisent à admettre que des phénomènes de microphysique interviennent d'une manière essentielle dans les phénomènes biologiques : par exemple, mutations produites par des rayonnements à effets exclusivement microscopiques, ou effets produits par un petit nombre de molécules de certains types; plus généralement, importance du mécanisme de certaines réactions chimiques

---

[1] Séance du 1er septembre 1947.

[2] Jean-Louis Destouches, *Principes fondamentaux de Physique théorique*, 2, Paris, 1942; Paulette Destouches-Février, *Essai sur la structure des théories physiques* (*Thèse*, Sciences, Paris, 1945).

dont l'explication exige l'intervention de la mécanique ondulatoire (effets de mésomérie, d'échange, de résonance, de barrières de potentiel). Ainsi *une théorie biologique*, au sens où nous l'envisageons ici, *impose la prise en considération de phénomènes quantiques*. Pour cette raison, *un être vivant ne peut pas, à l'échelle de la microphysique, être considéré comme un système physique*, car, par suite de l'indiscernabilité des corpuscules élémentaires, on ne peut pas dire [ainsi que l'a déjà remarqué Bohr (³)] qu'un certain atome appartient ou non à un être vivant. Ce qui constitue un *système physique* et peut être étudié isolément (pendant un certain intervalle de temps à une approximation fixée), c'est l'ensemble d'un ou plusieurs êtres vivants avec le milieu nourricier qui les entoure. Alors, au point de vue physique, l'unité constituée par un être vivant disparaît et ne se distingue pas du reste du système; mais du point de vue biologique il y a, dans un tel être, une unité qui subsiste au sein du milieu considéré. Il en résulte qu'*une théorie biologique ne saurait se réduire à une théorie physique* (à la théorie des quanta par exemple).

4. La complémentarité biologique de Bohr (³), (⁴) apparaît ainsi comme essentielle : l'aspect physico-chimique et l'aspect biologique global sont complémentaires et doivent être pris tous deux en considération. Or en théorie générale des prévisions on peut établir ce théorème : *Lorsque dans l'étude d'un système deux aspects complémentaires (qui s'excluent mutuellement) doivent être pris simultanément en considération, une théorie non contradictoire décrivant adéquatement cette complémentarité est nécessairement une théorie subjectiviste*, c'est-à-dire une théorie ayant une structure de théorie ondulatoire : le système observé n'a pas d'état objectif, les éléments de prévision (analogues à des fonctions d'ondes) possèdent un caractère irréductible et obéissent au principe de décomposition spectrale. Ainsi *une théorie biologique est nécessairement une théorie subjectiviste*, ce qui en fixe déjà la structure générale et entraîne de nombreuses conséquences; en particulier elle est essentiellement indéterministe, ce qui introduit dans ce domaine un point de vue nouveau excluant à la fois mécanisme et finalisme absolus.

5. A un élément de prévision $X(t)$ d'une telle théorie, on peut faire correspondre univoquement (mais non biunivoquement) une fonction d'ondes $\psi(t)$ de la mécanique ondulatoire qui décrira l'aspect physico-chimique du système observé (avec respect des conditions d'indiscernabilité). Toute description de ce système par des fonctions d'ondes est incomplète. Il en résulte que l'évolution d'un système contenant des êtres vivants est différente de celle d'un système formé des mêmes atomes, mais ne contenant pas d'êtres vivants; ceci

---

(³) Niels Bohr, *La théorie atomique et la description des phénomènes*, p. 110 (Gauthier-Villars, Paris, 1932).

(⁴) Voir Louis de Broglie, *Physique et microphysique*, Paris, 1947, p. 160.

fournit une explication de la différence entre les résultats d'expériences faites *in vivo* et *in vitro*.

6. A la lumière des considérations précédentes, on peut reprendre les raisonnements de M. Fernand Pasquier [5] sur l'autocatalyse dans les systèmes protéiques (inspirés par les importants travaux de Pascual Jordan). Comme un $\psi(t)$ peut provenir de plusieurs $X(t)$ lorsqu'il y a intervention d'éléments vivants, il y a un beaucoup plus grand nombre de fonctions $X(t)$ à entrer en résonance que dans le cas purement physico-chimique, d'où effet autocatalytique beaucoup plus accentué que dans le cas inerte, ou même existence d'un tel effet qui n'aurait pas eu lieu dans le cas inerte. Des différences semblables se rencontreraient sur bien d'autres exemples de biochimie où des effets de résonance quantique interviennent, notamment en ce qui concerne les diastases, et les réactions *in vivo*.

La séance est levée à 15h45m.

L. B.

---

[5] *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 1070.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 22 SEPTEMBRE 1947.

PRÉSIDENCE DE M. GABRIEL BERTRAND.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

MÉCANIQUE CÉLESTE. — *Sur les satellites artificiels de la Terre.* Note (¹) de M. **Jean Chazy**.

On a annoncé récemment que des balisticiens cherchaient à lancer un projectile qui deviendrait un satellite de la Terre. M. Esclangon a souligné (²) la difficulté du problème; je voudrais aussi présenter à ce sujet quelques remarques de Mécanique céleste.

Admettons que, lancé du sol et auto-propulsé dans la traversée des couches denses de l'atmosphère, le projectile P arrive à des couches très raréfiées, et que dans ces couches, à partir d'un instant initial, il ne soit plus soumis qu'à l'attraction de la Terre et à la résistance de l'air, et admettons que son mouvement soit sensiblement circulaire.

Si par approximation nous supposons la Terre constituée de couches sphériques homogènes, et par suite à son extérieur équivalente à un point matériel O, de coefficient attractif μ tel que $\mu/R^2 = g$, avec $R = 4.10^4$ km$/2\pi$, $g = 9{,}8$ m/s, la vitesse circulaire dans le vide est au sol $\sqrt{\mu/R} = \sqrt{gR}$, soit environ 8 km/s, et correspond à la durée de révolution $2\pi\sqrt{R^3/\mu} = 2\pi\sqrt{R/g}$, soit environ $1^h 24^m$. A 300^{km} au-dessus du sol, cette vitesse circulaire et cette durée sont environ 7,7 km/s et $1^h 30^m$; au quart du rayon R au-dessus du sol, elles sont environ 7 km/s et 2 heures. Dans tous les cas la vitesse parabolique dans le vide est égale au produit de la vitesse circulaire par $\sqrt{2}$, et la vitesse avec laquelle le projectile échapperait à l'attraction de la Terre, et qui dans l'atmosphère dépend de la direction, est supérieure à ce produit.

Si l'on pouvait admettre que l'atmosphère a disparu à la distance du mouvement considéré, comme à la distance de la Lune, le projectile P devien-

---

(¹) Séance du 15 septembre 1947.

(²) *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 161.

drait un satellite permanent de la Terre. Si, malgré la résistance de l'air, le mouvement sensiblement circulaire du projectile P dure par exemple un jour, ou un mois, avant que ce projectile ne retombe dans les couches denses de l'atmosphère, il apparaîtra comme un satellite temporaire de la Terre. Étudions un tel mouvement.

Supposons d'abord que la résistance de l'air est une force opposée à la vitesse $\bar{v}$ du projectile P, soit $-\overline{\lambda v}$ par unité de masse, λ désignant une quantité positive : c'est l'hypothèse qui, avec une fonction λ particulière, a été appliquée par Backlund et par Tisserand au mouvement de la comète d'Encke, et par Poincaré à l'hypothèse cosmogonique de See, et qui a été étudiée aussi par Fatou. La trajectoire est plane, située dans un plan passant par le centre O, et concave vers O. Elle possède une propriété simple qui généralise la propriété, bien connue des artilleurs, selon laquelle l'angle de chute d'un obus est supérieur en valeur absolue à l'angle de tir, ou encore, entre le point de départ et le point de chute, le sommet de la trajectoire se projette au delà du milieu : de même ici, si la trajectoire du projectile P coupe une circonférence de centre O au point A, puis au point B, de part et d'autre d'un rayon vecteur maximum, l'angle des deux courbes en B est supérieur à leur angle en A, ou encore, dans l'angle $\widehat{AOB}$ le rayon vecteur maximum est au delà de la bissectrice. De part et d'autre d'un rayon vecteur minimum, le sens des inégalités est renversé.

En fonction des éléments osculateurs a, e, ϖ, τ, de l'anomalie vraie osculatrice θ, et de coordonnées cartésiennes x, y d'origine O dans le plan du mouvement, le théorème des forces vives donne l'équation

$$d\left(-\frac{\mu}{2a}\right) = -\lambda v^2\,dt, \qquad \text{ou} \qquad \frac{da}{dt} = -\frac{2\lambda a^2}{\mu} v^2 = -2\lambda a \frac{1+e^2+2e\cos\theta}{1-e^2};$$

et d'autre part, dans l'équation classique de la théorie des perturbations

$$\frac{d\sqrt{\mu a(1-e^2)}}{dt} = X\frac{\partial x}{\partial \varpi} + Y\frac{\partial y}{\partial \varpi},$$

les composantes X, Y de la résistance de l'air sont égales à $-\lambda x', -\lambda y'$, les dérivées $\partial x/\partial\varpi$, $\partial y/\partial\varpi$ à $-y$ et x, et le second membre à $-\lambda(xy'-yx')$, et à $-\lambda\sqrt{\mu a(1-e^2)}$, si le mouvement est de sens positif : d'où l'équation très simple

$$\frac{d[a(1-e^2)]}{dt} = -2\lambda a(1-e^2).$$

Si encore on considère les distances périhélie et aphélie osculatrices $a(1-e)$ et $a(1+e)$, on forme par élimination de e les deux équations

$$\frac{d[a(1-e)]}{dt} = -2\lambda a\frac{1-e}{1+e}(1-\cos\theta), \qquad \frac{d[a(1+e)]}{dt} = -2\lambda a\frac{1+e}{1-e}(1+\cos\theta).$$

Il en résulte que le grand axe $2a$, le paramètre $a(1-e^2)$ décroissent dans le mouvement et l'hypothèse considérés, et aussi la distance périhélie, M. Esclangon l'a montré, et la distance aphélie. Si le coefficient λ est constant, c'est-à-dire si la résistance de l'air est proportionnelle à la vitesse, le paramètre est une fonction exponentielle du temps, dont l'exposant est $-2\lambda t$, et les variations séculaires du grand axe et des longueurs des rayons vecteurs *maxima* et *minima* sont sensiblement des fonctions exponentielles de même exposant.

Supposons maintenant que la trajectoire considérée du projectile P soit plane, située dans un plan passant par le centre O, xOy, et que dans ce plan la résistance de l'air X, Y fasse un angle quelconque avec la vitesse $\bar{v}$, supérieur toutefois à un angle fixe supérieur à $\pi/2$. Supposons d'autre part que cette résistance ait une intensité quelconque $R=\sqrt{X^2+Y^2}$, fonction continue toutefois, pour v et r différents de zéro, de la vitesse v, du rayon vecteur r et de leurs directions, ou encore que R soit la somme de telles fonctions continues : et en effet, dans le mouvement de la comète d'Encke, Backlund a été amené à considérer un milieu dont la résistance est discontinue. Les équations antérieures

$$\frac{da}{dt}=\frac{2a^2}{\mu}(Xx'+Yy'),\qquad \frac{d\sqrt{\mu a(1-e^2)}}{dt}=xY-yX$$

mettent en évidence des résultats simples.

J'ai démontré ([3]) dans ces hypothèses générales, et si le mouvement d'un point matériel P peut s'étendre jusqu'au centre O, que le point P tombe sur le point O, ou tend vers le point O quand le temps croît indéfiniment, ou s'éloigne indéfiniment. Il faut introduire toutefois ces deux restrictions que, pour un système de valeurs données de r et quelconques des autres variables, la fonction R est infiniment petite si v est infiniment petit, et au contraire est supérieure à une quantité positive fixe si v est supérieur à une quantité positive fixe : il suffit même que la dernière condition soit remplie sur une partie seulement de l'orbite du point P.

Il semble résulter de ce qui précède que le problème proposé présente deux difficultés techniques : 1° il faut que le projectile arrive dans les couches raréfiées de l'atmosphère avec une vitesse v au moins égale à la vitesse circulaire correspondante, soit $\sqrt{\mu/r}$ pour la couche de rayon r, et d'ailleurs inférieure à la vitesse d'échappement; 2° il faut que la vitesse $\bar{v}$ soit sensiblement transversale, c'est-à-dire normale au rayon vecteur.

([3]) *Comptes rendus*, **174**, 1922, p. 1280; *Bulletin astronomique*, 3, 1923, pp. 239-248.

MICROBIOLOGIE. — *Sur l'extraction et la concentration du principe antidotique des filtrats de* B. subtilis, *de* Penicillium notatum, *d'*Actinomyces griseus, *etc.* Note (1) de MM. **Gaston Ramon** et **Rémy Richou.**

Au cours de ces derniers temps, nous avons mis en évidence dans certains filtrats de culture de *B. subtilis*, de *Penicillium notatum*, d'*Actinomyces griseus*, un *principe antidotique* qui, comme l'indique le nom que nous lui avons donné, est capable de s'opposer aux exotoxines microbiennes telles que la toxine staphylococcique, la toxine diphtérique, etc. et de les détruire *in vitro* (2). D'après nos constatations initiales, ce principe serait de nature enzymatique. Il se différencie nettement des principes antibiotiques que peuvent renfermer les mêmes filtrats et qui s'identifient respectivement avec la subtiline, la pénicilline, la streptomycine, lesquelles n'ont aucune action sur les toxines.

Pour des fins en premier lieu expérimentales, nous avons cherché à extraire des filtrats, tout en le concentrant, le principe antidotique qu'ils contiennent.

Après maints essais et l'emploi de divers procédés qui ne nous donnaient guère satisfaction, nous avons eu finalement recours à une technique dérivée de la méthode de précipitation par le sulfate de soude, jadis mise au point par l'un de nous et, depuis, largement utilisée pour la purification et la concentration des sérums antitoxiques.

Technique. — Du sulfate de soude pur, neutre et anhydre, est ajouté au filtrat (sur bougie de porcelaine) de la culture du germe antagoniste (*B. subtilis* par exemple), filtrat préalablement porté à 37°, à raison de 32^g pour 100^{cm^3} de filtrat. Le mélange est maintenu à la température de 37°, soit au bain-marie, soit à l'étuve. Il est agité à de nombreuses reprises pour assurer la dissolution parfaite du sulfate de soude. Trois heures plus tard, alors qu'un précipité s'est formé, ce mélange est filtré sur papier. Le filtre, recouvert du précipité, est plongé dans 20, 10 ou 5^{cm^3} d'eau distillée stérile, suivant que l'on désire concentrer 5, 10 ou 20 fois. Après un séjour de 3 heures à l'étuve à 37°, de 3 heures au laboratoire à 18° et de 10 heures à la chambre froide (+ 4°), l'eau qui s'est chargée du précipité primitivement en dépôt sur le filtre est centrifugée et le liquide de centrifugation est recueilli; le culot de centrifugation constitué par la plus grande partie du précipité est abandonné (3).

Le pouvoir antidotique est recherché et titré : 1° dans le filtrat originel avant les essais d'extraction et de concentration; 2° dans le liquide de filtration sur papier, préalablement débarrassé de la plus grande partie du sulfate de soude qu'il contenait en faisant cristalliser ce dernier par refroidissement et amorçage

(1) Séance du 15 septembre 1947.

(2) *Comptes rendus*, **220**, 1945, pp. 543 et 801; **221**, 1945, pp. 213 et 271; *Revue d'Immunologie*, **9**, 1944-1945, pp. 161-217; *Comptes rendus*, **222**, 1946, pp. 621 et 772; *Revue d'Immunologie*, **10**, 1946, p. 932; *Comptes rendus*, **224**, 1947, pp. 82-84; *Revue d'Immunologie*, **11**, 1947, p. 5-21.

(3) Jusqu'à ce jour, nos tentatives pour redissoudre le précipité afin d'étudier son contenu et son activité biologique sont restées infructueuses.

de la cristallisation au moyen de quelques cristaux du même sel; 3° dans le liquide de centrifugation qui représente en quelque sorte et jusqu'à plus ample informé un éluat du principe antidotique.

Le titrage est effectué selon le procédé que nous avons établi (4) et qui consiste, rappelons-le brièvement, à rechercher quel est le plus petit volume de filtrat ou de liquide dont on désire connaître le titre antidotique qui amène à l'étuve, en 6 heures à 37°, la destruction totale d'une quantité de toxine staphylococcique correspondant à 100 doses hémolytiques, les globules rouges de Lapin fraîchement recueillis servant d'indicateur de cette destruction.

Nos essais d'extraction et de concentration du principe antidotique ont porté principalement sur les filtrats de culture de différentes souches du *B. subtilis* obtenus à partir du milieu classique de Sauton (S), ou d'un milieu (SS) dérivé du milieu Sauton et dans lequel l'asparagine est remplacée par de l'hydrolysat de viande et de gélatine (2g par litre) (5), ou encore sur le milieu de Waksman (W) utilisé pour l'obtention de la streptomycine. D'autres essais ont été effectués avec des filtrats d'*Actinomyces griseus* et de *Penicillium notatum*.

Dans le tableau ci-dessous sont enregistrés, avec quelques indications expérimentales, les résultats obtenus dans un certain nombre d'essais opérés sur les filtrats de culture de *B. subtilis*.

				Titre en unités antidotiques du		
Nos du filtrat.	Milieu.	Souche.	Concentration.	Filtrat originel.	Liquide de filtration.	Liquide de centrifug. (éluat).
85......	SS	T. S.	10 fois	50	5	300
86......	»	»	10 »	40	15	300
95......	S	»	10 »	70	0	450
98......	W	»	5 »	80	3	300
107......	SS	»	20 »	50	5	600
118......	»	»	20 »	50	5	800
119......	W	»	10 »	30	0	250
120......	»	»	20 »	30	0	500
125......	SS	»	20 »	30	2	250
126......	»	By.	20 »	500	15	7000
127......	»	Av.	10 »	350	15	1500

De l'ensemble de ces résultats et d'autres analogues, acquis en partant des filtrats de culture de *Penicillium notatum* et d'*Actinomyces griseus*, il ressort que le principe antidotique que renferment ces filtrats, comme ceux du *B. subtilis*, peut être entraîné dans le précipité provoqué par l'addition aux filtrats de sulfate de soude, et qu'il peut être élué en traitant ce précipité par un volume plus ou moins réduit d'eau distillée, d'où une concentration relativement forte

(4) G. Ramon et R. Richou, *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 509; *Revue d'Immunologie*, **11**, 1947, p. 106).

(5) R. Richou, *Revue d'Immunologie*, **11**, 1947, p. 58.

en unités antidotiques du produit final recueilli ([6]). Cette concentration est susceptible d'être rendue plus grande encore, par évaporation du liquide d'élution qui contient, outre une petite proportion de sulfate de soude, le principe antidotique, lequel représente, pondéralement, une masse peu importante. Le rendement lui-même pourra sans doute être amélioré, car jusqu'ici nous n'avons pu traiter, faute de matériel et n'ayant à notre disposition qu'une installation de fortune, que de très petites quantités de filtrat et dans des conditions malaisées ([7]).

Ainsi, en conclusion, il est donc possible, grâce à un procédé très simple, d'extraire et de concentrer le principe antidotique contenu dans les filtrats de culture de certains germes antagonistes, ce qui permettra sans doute de pénétrer plus avant dans la connaissance de la nature exacte de ce principe, et ce qui facilitera l'expérimentation en vue d'applications éventuelles.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Identification, par voie microcristalline, de très faibles quantités de glucinium à l'état métallique.* Note de M. **Georges Denigès.**

Les réactions d'ordre microchimique, indiquées pour le glucinium, nécessitent, toutes, la salification préalable de ce métal qu'on fait suivre de l'action du réactif approprié : ce sont, par suite, des réactions d'ions. Telles sont celle de Behrens ([1]) (formation d'un oxalate double de glucinum et de potassium), la meilleure de toutes, et celle de Streng ([2]) (production d'acétate

---

([6]) Un essai préliminaire nous a montré qu'une quantité de toxine diphtérique représentant 100 doses mortelles pour le Cobaye est détruite en une heure à peine à la température de l'étuve (37°), et même à la température ordinaire (20°), lorsque l'on mélange cette quantité avec 1^{cm^3} d'éluat titrant 7000 ou 1500 unités. Les cobayes auxquels ces mélanges sont injectés ne présentent en effet aucun signe d'intoxication diphtérique, alors que les cobayes témoins qui reçoivent la même dose de toxine meurent en moins de 18 heures.

Pour comparaison, voir G. Ramon, R. Richou et P. Ramon, *Revue d'Immunologie*, 9, 1944-1945, p. 191.

([7]) L'activité de l'extrait antidotique pourra être également accrue par l'usage de souches sélectionnées des microbes antagonistes et par l'emploi de milieux de culture appropriés. Ainsi, l'on remarquera dans le tableau ci-dessus que les souches Bγ et Aν, cultivées en milieu SS, ont donné des filtrats bruts d'un taux antidotique beaucoup plus élevé que la souche T.S. C'est le même problème qui s'est jadis posé pour la production des toxines en partant des anatoxines, et que nous avons résolu, pour notre part, en modifiant, en améliorant les milieux de culture de telle façon que la toxine diphtérique a été amenée en peu d'années de 8 unités antigènes (floculation) à 45 et 50 unités et davantage, et celle de la toxine tétanique de quelques unités à 30 et 40 unités en moyenne. (Voir à ce propos G. Ramon, *Revue d'Immunologie*, 5, 1939, p. 385.)

([1]) Behrens et Bourgeois, *Analyse qualitative microchimique* (*Encyclopédie Freny*, 4, 1893, p. 29).

([2]) *Ber. für Natur und Heilkunde*, 22 et 26.

triple de glucinium, d'uranyle et de sodium). Elles peuvent donc s'appliquer, directement, à l'identification du métal libre.

En étudiant l'action, à froid, de l'acide sulfurique au tiers (1 volume de SO_4H_2 concentré et 2 volumes d'eau) sur de menues parcelles de métaux de la série du magnésium et de l'aluminium, j'ai constaté que ce réactif, mis en présence des plus faibles quantités de glucinium métallique, fournissait très rapidement, sans évaporation ultérieure du liquide et même lorsqu'il reste encore du métal inaltéré, de magnifiques microcristaux de sulfate de glucinium tétrahydraté (SO_4Gl, $4H_2O$) du type tétragonal holoédrique (³).

Pour les obtenir, rien de plus simple : sur une lame de verre porte-objet, on place 1 à 2^{mg}, au plus, du métal à essayer qu'on baigne dans une goutte de SO_4H_2 au tiers, apportée à l'aide d'une baguette de verre et ne devant pas s'étaler sur une zone circulaire supérieure à 6 ou 7^{mm} de diamètre. L'attaque de l'acide commence aussitôt, mais n'est bien apparente qu'après 15 à 20 secondes; en moins d'une minute, elle devient tumutueuse.

Si, sans couvrir la préparation d'une lamelle, on l'examine alors au microscope, à un grossissement de 100 à 150 diamètres, on observe, autour du métal, un vif dégagement de bulles d'hydrogène bouleversant le liquide ambiant et accompagné au bout de quelques minutes, malgré ce brassage généralement défavorable à la formation de gros cristaux, de beaux et volumineux octaèdres, dérivés du prisme droit à base carrée, dont quelques-uns (à 130 D) ont des arêtes apparentes allant de quelques millimètres à plus d'un centimètre, avec toutes les formes de groupements qu'on peut trouver dans ce système cristallin.

Aucun autre métal, traité dans les mêmes conditions, ne m'a donné ce résultat qui est donc bien spécifique du glucinium (⁴).

Bien qu'il s'agisse encore ici d'une réaction d'ions, celle-ci a cet avantage, sur toutes les autres, de se produire directement, à froid et sans interruption entre ses deux étapes, l'acide sulfurique employé étant, à la fois, agent d'ionisation d'abord et, aussitôt après, agent de précipitation.

Si l'on veut la réaliser avec une quantité moindre de métal, telle qu'une fraction de milligramme, on réduira la goutte d'acide au point de n'occuper qu'une surface plus réduite du verre support. Lorsque, au contraire, Gl est en notable excès (1^{cg} par exemple) les cristaux, en augmentant en nombre, se groupent autour du résidu métallique et en bloquent en quelque sorte l'accès à

(³) FRICKE et HAVESTADT, *Zeit. anorg. Chem.*, **170**, 1928, p. 38.

(⁴) En effet, si le magnésium, aussi, attaque vivement, à froid, l'acide sulfurique dilué au tiers, en fournissant des cristaux, ceux-ci ne ressemblent en rien, ni par leur forme cristallographique, ni par leur aspect, à ceux que donne le glucinium dans les mêmes conditions.

De plus, ce dernier métal ne réagit qu'avec une extrême lenteur, à froid, sur l'acide acétique étendu à moitié que décompose au contraire, énergiquement, Mg, sans chauffer.

l'acide ambiant. On peut alors, pour un examen plus détaillé de l'ensemble, diluer le tout dans une goutte d'acide sulfurique concentré.

Enfin, si l'on veut contrôler cette réaction, d'ailleurs suffisante en soi, par celle de Behrens, adaptée, on pourra procéder comme suit, mais cette fois en deux étapes bien séparées. Une parcelle (1 à 2^{mg}) de métal est baignée dans une goutte d'acide acétique à 1/2, en volume. On l'évapore à une douce chaleur et l'on renouvelle trois ou quatre fois cette opération, puis on couvre le résidu avec une gouttelette d'une solution à 10 % d'oxalate de potassium. Il se forme, bientôt, de gros cristaux clinorhombiques de l'oxalate double caractéristique.

Le glucinium étant lentement dissous par l'acide acétique, il en reste toujours une partie résiduelle même après quatre attaques successives. De plus, lorsque avant l'addition d'oxalate de potassium, et si la dessiccation a été suffisamment lente, on examine le résidu au microscope, on peut observer des amas cristallins, en aiguilles groupées, formées d'acétate de glucinium dont l'aspect est un caractère de plus se rattachant à ce métal.

M. Auguste Chevalier fait hommage à l'Académie d'un Ouvrage dont il a écrit la préface, intitulé : *Les insectes des Palmiers,* par M. Pierre Lepesme, avec le concours de M. J. Ghesquière et la collaboration de MM. J. Bourgogne, C. Cairaschi, R. Paulian et A. Villiers.

DÉSIGNATIONS.

M. Albert Caquot est désigné à nouveau pour faire partie du Conseil de perfectionnement de l'École polytechnique pendant les trois prochaines années scolaires.

CORRESPONDANCE.

M. l'Ambassadeur de France a Rome informe l'Académie, de l'institution à Pise, d'une *Domus Galileana* où sont réunis tous documents concernant Galilée et son École.

M. le Ministre de l'Éducation nationale invite l'Académie à lui présenter une liste de candidats à la *Chaire de Sélection et Orientation professionnelles* nouvellement créée au Conservatoire national des arts et métiers.

(Renvoi à la Section de Médecine et Chirurgie.)

M. le Secrétaire perpétuel signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

The Royal Society. *Newton Tercentenary Celebrations* 15-19 *July* 1946.

TOPOLOGIE ALGÉBRIQUE. — *Sur l'homologie des espaces homogènes.* Note ([1]) de M. **Jean-Louis Koszul**, transmise par M. Élie Cartan.

Soit $\mathfrak{A} = \mathfrak{A}^0 \oplus \mathfrak{A}^1 \oplus \ldots \oplus \mathfrak{A}^n$ l'algèbre de Grassmann des formes différentielles invariantes à gauche d'un groupe de Lie compact connexe G ([2]). Le choix d'une métrique biinvariante de G définit un produit scalaire dans $\mathfrak{A}$ et un isomorphisme de l'algèbre de Lie de G sur le sous-espace $\mathfrak{A}^1$ des formes de degré un. Soit h la forme de $\mathfrak{A}^3$ telle que $h^{\bigcirc} = \mathrm{D}$; la structure de l'algèbre de Lie $\mathfrak{A}^1$ est définie par l'opération $[\alpha, \beta] = \alpha^* \beta^* . h$ (α, $\beta \subset \mathfrak{A}^1$); ceci permet d'associer à tout sous-groupe de G un sous-espace de $\mathfrak{A}^1$.

1. Soit $\mathfrak{A}^{1,0}$ un sous-espace quelconque de $\mathfrak{A}^1$; on désigne par $\mathfrak{A}^{0,1}$ le sous-espace des éléments de $\mathfrak{A}^1$ orthogonaux à $\mathfrak{A}^{1,0}$ et par $\mathfrak{A}^{p,q}$ le sous-espace de $\mathfrak{A}$ engendré par les $\lambda x_1 x_2 \ldots x_p y_1 y_2 \ldots y_q$ où $\lambda \in \mathfrak{A}^0$, $x_i \in \mathfrak{A}^{1,0}$ et $y_j \in \mathfrak{A}^{0,1}$. Le projecteur de $\mathfrak{A}$ sur $\mathfrak{A}^{p,q}$ étant désigné par $\mathrm{A}^{p,q}$, on pose

$$\mathrm{T} = \sum_{p,q} (-1)^{p+q} \mathrm{A}^{p,q}, \qquad \mathrm{L}^q = \sum_{p} \mathrm{A}^{p,q}, \qquad \mathfrak{B}^q = \sum_{p} \sum_{s \geqq q} \mathfrak{A}^{p,s}.$$

La forme h se décompose en $h = h_0 + h_1 + h_2 + h_3$, où $h_s = \mathrm{A}^{3-s,s}.h$. Pour que $\mathfrak{A}^{1,0}$ soit une sous-algèbre de l'algèbre de Lie $\mathfrak{A}^1$, il faut et il suffit que $h_1 = 0$ ou encore que $\mathrm{D}.w = 0$, w étant la forme de degré maximum (définie à un facteur réel près) engendrée par $\mathfrak{A}^{0,1}$. Cela est encore équivalent à la stabilité, vis-à-vis de l'opérateur D, des idéaux $\mathfrak{B}^q$ qui définissent alors dans $\mathfrak{A}$, avec les opérateurs D et T, une structure d'anneau à dérivation supérieure ([3]). Si $\mathfrak{A}^{1,0}$ est la sous-algèbre définie par un sous-groupe fermé connexe $\mathrm{U} \subset \mathrm{G}$ et si W est l'espace homogène G/U ([4]), on démontre que *le calcul de la suite d'homologies* ($\mathcal{E}_r$) *de* $\mathfrak{A}$ *donne l'anneau d'homologie à coefficients réels de l'application canonique p de* G *sur* W *ainsi que sa structure* ([5]).

Posons, avec les notations d'une Note précédente ([3]),

$$\mathcal{E}_r^{p,q} = \eta_r^q . (\mathcal{C}_r^q \cap \mathfrak{A}^{p+q}), \qquad \mathcal{E}^{p,q} = \eta^q . (\mathcal{C}^q \cap \mathfrak{A}^{p+q});$$

([1]) Séance du 8 septembre 1947.

([2]) *Comptes rendus*, **224**, 1947, pp. 251-253; nous utilisons les notations et des résultats de cette Note; néanmoins, le produit extérieur de deux formes sera ici noté ab et non $a \wedge b$.

([3]) *Comptes rendus*, **225**, 1947, pp. 217-219.

([4]) L'espace homogène W est défini par les classes d'équivalence $\xi\mathrm{U}$ ($\xi \in \mathrm{G}$); par forme différentielle biinvariante de W, nous entendons une forme invariante par le groupe des opérateurs à gauche G et par le groupe des opérateurs à droite constitué par la composante connexe de l'unité dans le normalisateur de U.

([5]) J. Leray, *Comptes rendus*, **222**, 1946, pp. 1366-1368, 1419-1422. D'une manière précise, $\mathcal{E}_2$ est isomorphe à « l'anneau d'homologie de p », et $\mathcal{E}_r^{p,q}$ est isomorphe, pour $r \geqq 2$, au quotient qui s'écrit, avec les notations de M. Leray, $\mathfrak{T}_{r-1}^{p,q}/\mathfrak{Q}_{r-2}^{p,q}$.

$\sum_q \mathcal{E}_1^{0,q} \subset \mathcal{E}_1$ et $\sum_q \mathcal{E}_2^{0,q} \subset \mathcal{E}_2$ sont alors respectivement isomorphes à l'algèbre des formes invariantes à gauche de W et à son anneau d'homologie H(W) [6]; $\sum_q \mathcal{E}^{0,q} \subset \mathcal{E}$ est isomorphe à l'image de la représentation $\bar{\pi}$ de H(W) dans l'anneau d'homologie H(G) de G que définit p. Pour que U soit homologue à o [7], il faut et il suffit que w soit homologue à o.

Dans ce cadre, l'étude du cas où U est de dimension 1 [4] peut se faire complètement et conduit au résultat suivant, lorsque U est homologue à o : *les polynomes de Poincaré* G(t) *et* W(t) *de* G *et* W *sont liés par la relation*

$$G(t)(1+t^2) = W(t)(1+t^3).$$

La démonstration part du fait que tout $\alpha \in \mathcal{A}^{1,0}$ est dans $\mathcal{C}_2^0$ et que, comme $D.h = 0$ et $h_0 = 0$, on a $(D.\alpha)^2 = D.[\alpha(D.\alpha)] = 3\|\alpha\|^2 D.h_2 = -3\|\alpha\|^2 D.h_3 \in \mathcal{D}_1^4$. L'image de H(W) par $\bar{\pi}$ ne contient pas la classe d'homologie de h.

2. La décomposition de h en $h = h_0 + h_2 + h_3$ permet de caractériser les principaux types de sous-algèbres $\mathcal{A}^{1,0}$:

1° $h_2 = 0$ caractérise les sous-algèbres invariantes. Ceci résulte de ce que, si $\alpha \in \mathcal{A}^{1,0}$ et $\beta \in \mathcal{A}^1$, $[\alpha, \beta] = \alpha^\star \beta^\star . h = \alpha^\star \beta^\star h_0 + \alpha^\star \beta^\star . h_2 \equiv \alpha^\star \beta^\star . h_2 (\text{mod.}\, \mathcal{A}^{1,0})$. Dans ce cas $\mathcal{A}^{0,1}$ est aussi une sous-algèbre invariante.

2° $h_0 = 0$ caractérise les sous-algèbres abéliennes. Ceci résulte de ce que, si $\alpha, \beta \in \mathcal{A}^{1,0}$, $[\alpha, \beta] = \alpha^\star \beta^\star . h = \alpha^\star \beta^\star . h_0$.

Supposons que $\mathcal{A}^{1,0}$ soit la sous-algèbre définie par un sous-groupe fermé de dimension 3; si $h_0 \neq 0$, $h_0 w \neq 0$ est une forme de degré maximum de G; il s'ensuit que w n'est pas homologue à o. Ainsi, *un sous-groupe non abélien de dimension* 3 *n'est pas homologue à* o [8].

3° $h_3 = 0$ caractérise les sous-algèbres d'éléments invariants par un automorphisme involutif et unitaire de l'algèbre de Lie $\mathcal{A}^1$. Considérons en effet l'automorphisme $\Omega = \sum_q (-1)^q L^q$ de $\mathcal{A}$; on a $\Omega = \Omega^\star = \Omega^{-1}$, $\Omega A^{1,0} = A^{1,0}$ et $\Omega A^{0,1} = -A^{0,1}$. Pour que $D\Omega = \Omega D$, il faut et il suffit que $h_3 = 0$; or la commutation de D et Ω est une condition nécessaire et suffisante pour que la restriction de Ω à $\mathcal{A}^1$ soit un automorphisme de cette algèbre de Lie. Si $\mathcal{A}^{1,0}$ est la sous-algèbre définie par un sous-groupe fermé U, W = G/U est alors, par définition, un espace riemannien symétrique.

On vérifie par ailleurs que h_3 est toujours l'image d'une forme différentielle

---

(6) Par anneau d'homologie d'un espace compact, nous entendons ce que l'on désigne habituellement par son anneau de cohomologie à coefficients réels.

(7) H. Samelson, *Ann. of Math.*, **42**, 1941, pp. 1091-1137.

(8) M. E. Stiefel m'a signalé qu'il obtenait ce résultat en utilisant le polyèdre de E. Cartan associé à un groupe.

biinvariante [4] de W par la représentation que définit p. Ainsi, *un espace homogène ne possédant pas de forme différentielle biinvariante de degré 3 est un espace riemannien symétrique.*

On démontre enfin que, si $h_3 = 0$, $\delta_r = 0$ pour r impair; il y a donc isomorphisme des termes consécutifs $\mathcal{E}_{2p-1}$ et $\mathcal{E}_{2p}$ de la suite d'homologies $(\mathcal{E}_r)$ pour tout entier p.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Remarques sur les intégrales de M. Jean-Louis Destouches considérées dans sa théorie des prévisions* [1]. Note [2] de M. **Otton-Martin Nikodym**.

1. Le but de la présente Note est de fonder d'une manière précise les propriétés fondamentales d'une notion d'intégration introduite par M. J.-L. Destouches. Nous nous placerons à un point de vue un peu plus abstrait d'une tribu dénombrablement additive de Boole, ceci ne causant aucune complication.

Soit (B) un espace vectoriel, normé et complet de Fr. Riesz-Banach dont les éléments (vecteurs) seront désignés par x, y, z pourvus d'indices. $\|x\|$ désignera la norme de x. M. W. Orlicz a démontré que pour qu'une série Σx_i soit convergente, quelle que soit la permutation de ses termes (c. p.), il faut et il suffit que toute série partielle $\Sigma x_{\nu(i)}$, $\nu(1) < \nu(2) < \ldots$ converge. Chacune des deux parties de ce théorème se démontre par négatif, en utilisant la condition de Cauchy. Par la même méthode et, en s'appuyant sur le théorème de Orlicz, on démontre que, quel que soit $\varepsilon > 0$, il existe un N tel que, si $N \leqq i(1) < i(2) < \ldots < i(s)$, on a $\|\Sigma_1^s x_{i(\alpha)}\| \leqq \varepsilon$ pour tout $s \geqq 1$. Ceci se généralise immédiatement pour s infini. Ce lemme fondamental ainsi que le théorème de Orlicz servent d'instrument pour démontrer les théorèmes suivants. Si Σx_i converge (c. p.) et qu'on change l'ordre des termes, la somme demeure la même; si $\nu(\alpha, \beta)$, $(\alpha, \beta = 1, 2, \ldots)$ est une matrice dont les éléments sont les différents nombres $1, 2, \ldots$, on a $\Sigma x_i = \Sigma_\alpha \Sigma_\beta x_{\nu(\alpha, \beta)}$.

2. Soit (T) une tribu abstraite, dénombrablement additive de Boole. Si $a \in (T)$, $a \neq 0$, on appelle *décomposition dénombrable* (d. d.) de a tout ensemble D non vide et au plus dénombrable $a_1, a_2, \ldots$ d'éléments de (T) tels que $a_i a_k = 0$ pour $i \neq k$ et $\Sigma_i a_i = a$. Une d. d. D' de a s'appelle *extension* (e. d.) d'une d. d. D de a lorsque pour tout $a'_i \in D'$ il existe un $a_j \in D$ tel que $a'_i \subseteq a_j$. Si D' est $a'_1, a'_2, \ldots$ et D'' est $a''_1, a''_2, \ldots$, $D' \times D''$ désignera la d. d. $a'_i a'_j$ $(i = 1, 2, \ldots)$, $(j = 1, 2, \ldots)$. Soit $\chi(a)$ une fonction définie sur (T), les valeurs $\chi(a)$ étant des vecteurs de (B). *Supposons que la somme $\Sigma_i \chi(b_i)$ converge toujours quelle que soit la suite infinie $b_i \in (T)$ d'éléments disjoints.* Dans ce cas nous nous trouvons

---

[1] *Corpuscules et systèmes de corpuscules*, 1, Paris, 1941, p. 246.

[2] Séance du 4 août 1947.

dans les conditions du numéro 1. Soit $a_0 \in (T)$, $a_0 \neq 0$; on appelle $\chi(a)$ *intégrable sur a_0 suivant M. Destouches*, lorsqu'il existe un $y \in (B)$ tel que, quel que soit $\varepsilon > 0$, il existe une d. d. D de a_0 telle que pour toute e. d. D' de D on a $\|y - \Sigma_{a\in D'}\chi(a)\| \leqq \varepsilon$. On démontre que dans ce cas il n'existe qu'un seul y; il s'appelle *intégrale de $\chi(a)$ sur a'* : $\int_{a'} d\chi(a)$. Expl. Soit (T) la tribu des sous-ensembles boréliens de $(0, 1)$ et posons $\chi[(1/2 - \sigma, 1/2 + \sigma)] = 1$ pour tout $\sigma > 0$ et $< 1/2$ et, $\chi(a) = 0$ pour les autres $a \in (T)$. On trouve $\int_1 d\chi(a) = 0$, ce qui prouve que les intégrales considérées diffèrent de celles de l'auteur [3].

Théorème. — *Si pour tout $\varepsilon > 0$ il existe une d. d. $D(\varepsilon)$ de la totalité 1, telle que, quelles que soient ses e. d. D', D'' on ait $\|\Sigma_{a\in D'}\chi(a) - \Sigma_{a\in D''}\chi(a)\| \leqq \varepsilon$, alors $\chi(a)$ est intégrable sur 1.*

Démonstration. — Soient $\varepsilon(1) > \varepsilon(2) > \ldots > 0$ tels que $\Sigma\varepsilon(i)$ converge, trouvons les d. d. $D[\varepsilon(1)]$, $D[\varepsilon(2)]$, ... On a

$$\|\Sigma_{a\in D[\varepsilon(1)]\times\ldots\times D[\varepsilon(n)]}\chi(a) - \Sigma_{a\in D[\varepsilon(1)]\times\ldots\times D[\varepsilon(n+1)]}\chi(a)\| \leqq \varepsilon(n).$$

Il en résulte que la suite $\Sigma_{a\in D[\varepsilon(1)]\times\ldots\times D[\varepsilon(n)]}\chi(a)$, $(n = 1, 2, \ldots)$ converge vers un certain vecteur y. Pour tout $\varepsilon(k)$ il existe un indice $p(k) > k$ tel que

$$\|y - \Sigma_{a\in D[\varepsilon(1)]\times\ldots\times D[\varepsilon(p(k))]}\chi(a)\| \leqq \varepsilon(k);$$

donc, si D' est une e. d. de $D_{\varepsilon(1)\times\ldots\times\varepsilon[p(k)]}$, on a

$$\|\Sigma_{a\in D[\varepsilon(1)]\times\ldots\times D[\varepsilon(p(k))]}\chi(a) - \Sigma_{a\in D'}\chi(a)\| \leqq \varepsilon[p(k)];$$

donc $\|y - \Sigma_{a\in D'}\chi(a)\| \leqq 2\varepsilon(k)$, ce qui prouve le théorème.

Théorème. — *Si $\chi(a)$ est intégrable sur la totalité 1, $\chi(a)$ est intégrable sur tout élément $e \subseteq 1$.*

Démonstration. — Soit D une d. d. de 1, telle que pour toute son e. d. $D' = (a'_1, a'_2, \ldots)$ on ait $\|y - \Sigma_i\chi(a'_i)\| \leqq \varepsilon$. $a'_1 e$, a'_1 *coe*, $a'_2 e$, a'_2 *coe* ..., est une e. d. $D(e)$ de D et, $a'_1 e$, $a'_2 e$, ..., est une d. d. $D^\star$ de e. Soient D^1, D^2 deux e. d. quelconques de $D^\star$: $b^1_1, b^1_2, \ldots$, et $b^2_1, b^2_2, \ldots$. On a $\|\Sigma_i\chi(b^1_i) + \Sigma_j\chi(a'_j\, coe) - y\| \leqq \varepsilon$, $\|\Sigma_k\chi(b^2_k) + \Sigma_j\chi(a'_j\, coe) - y\| \leqq \varepsilon$. Par conséquent $\|\Sigma_i\chi(b^1_i) - \Sigma_k\chi(b^2_k)\| \leqq 2\varepsilon$. Ceci étant vrai pour toutes les e. d. D^1, D^2 de $D^\star$, il en résulte, d'après le théorème précédent, que $\chi(a)$ est intégrable sur e.

Théorème. — *Si e', e'' sont deux éléments disjoints de (T) et si $\chi(a)$ est intégrable sur 1, on a $\int_{e'+e''} = \int_{e'} + \int_{e''}$.*

Démonstration. — Il suffit de supposer que $e' \neq 0$, $e'' \neq 0$, soit $\varepsilon > 0$. Il existe des d. d. $D(e)$, $D(e')$, $D(e'')$ sup. de $e = e' + e''$, e', e'' telles que pour leurs e. d. respectives $D'(e)$, $D'(e')$, $D''(e'')$ on ait $\|\int_e - \Sigma_{a\in D'(e)}\chi(a)\| \leqq \varepsilon$, etc. Il en résulte que $\|\int_e - \Sigma_{a\in[D(e')\times D(e)]+[D(e'')\times D(e)]}\chi(a)\| \leqq \varepsilon$ et $\|(\int_{e'} + \int_{e''}) - \Sigma_{a\in \text{detto}}\chi(a)\| \leqq \varepsilon$, ce qui démontre le théorème.

Théorème. — *L'intégrale est une fonction dénombrablement additive.*

---

[3] O. M. Nikodym, *Comptes rendus*, **224**, 1947, pp. 778-780.

Démonstration. — Soit $e = \Sigma e(i)$ où $e(i)$ sont disjoints, soit $\varepsilon > 0$. Trouvons une d. d. $D(e)$ de e telle que pour toute son e. d. $D'(e)$ on ait $\| \int_e - \Sigma_{a \in D'(e)} \chi(a) \| \leqq \varepsilon$. Désignons par Δ la d. d. $e(1)$, $e(2)$, ..., de e, comme $\int_{e(n)}$ existe, il existe une d. d. $D[e(n)]$ de $e(n)$ telle que pour toute son e. e., $D'[e(n)]$ on ait

$$\| \int_{e(n)} - \Sigma_{a \in D'[e(n)]} \chi(a) \| \leqq \varepsilon/2^n \qquad (n = 1, 2, \ldots).$$

Donc on a $\| \int_e - z \| \leqq \varepsilon$ où $z = \Sigma_{a \in [D(e(1)) \times D(e) \times \Delta]} \chi(a) + \ldots$. Cette somme étant convergente, il existe un nombre N tel que, si $n \geqq N$,

$$\| \Sigma_{a \in D(e(1)) \times D(e) \times \Delta} \chi(a) + \ldots + \Sigma_{a \in D(e(n)) \times D(e) \times \Delta} \chi(a) - z \| \leqq \varepsilon.$$

Il en résulte que $\| \text{detto} - \int_e \| \leqq 2\varepsilon$; mais, comme

$$\| \text{detto} - [\int_{e(1)} + \ldots + \int_{e(n)}] \| \leqq \varepsilon/2^1 + \varepsilon/2^2 + \ldots + \varepsilon/2^n < 2\varepsilon,$$

on obtient $\| \int_e - [\int_{e(1)} + \ldots + \int_{e(n)}] \| \leqq 4\varepsilon$ pour tout $n \geqq N$. Ceci donne $\lim \Sigma \int_{e(i)} = \int_e$. Remarquons que si, au lieu des d. d., on utilisait des décompositions finies, l'intégrale serait additive mais non nécessairement dénombrablement additive.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les suites d'exposants à densité supérieure finie.* Note (1) de M. **Aryeh Dvoretzky**, présentée par M. Jacques Hadamard.

1. Soit $\{\lambda_n\}$ une suite monotone de nombres positifs tendant vers l'infini. On rencontre de telles suites dans les théories des séries de puissances, fonctions quasi analytiques, des familles complètes de fonctions, des zéros des fonctions entières, des séries asymptotiques, etc., et surtout dans la théorie des séries de Dirichlet où elles forment les *suites d'exposants*.

Posons, pour $0 < \lambda < \infty$,

$$N(\lambda) = \sum_{\lambda_n < \lambda} 1, \qquad D(\lambda) = \frac{N(\lambda)}{\lambda}, \qquad \overline{D}(\lambda) = \frac{1}{\lambda} \int_0^\lambda D(x)\,dx$$

et

$$D^* = \limsup_{\lambda \to \infty} D(\lambda), \qquad \overline{D}^* = \limsup_{\lambda \to \infty} \overline{D}(\lambda).$$

D^* est la densité supérieure de $\{\lambda_n\}$. $\overline{D}^*$ est la densité moyenne supérieure. M. S. Mandelbrojt (2) a montré l'importance de cette dernière notion. Nous nous bornons dans cette Note au cas des suites $\{\lambda_n\}$ avec D^* fini.

Dans ce cas on peut définir

$$\Lambda(z) = \prod_{n=1} \left(1 + \frac{z^2}{\lambda_n^2}\right).$$

(1) Séance du 15 septembre 1947.

(2) *Sur une inégalité fondamentale* [*Ann. Éc. Norm. sup.*, (3), LXIII, fasc. 4, p. 315].

Cette fonction joue un rôle essentiel dans l'étude des séries de Dirichlet, etc. C'est surtout

$$L(s) = \int_0^{\infty} e^{-sz} \Lambda(iz)\, dz,$$

transformée de Laplace de $\Lambda(iz)$, qui intervient dans les calculs. La fonction $L(s)$ est régulière pour $|s| > \Lambda^{\bullet}$, où

$$\Lambda^{\bullet} = \limsup_{r \to \infty} \frac{1}{r} \log \Lambda(r).$$

2. Le théorème suivant donne des relations entre $D^{\bullet}$, $\bar{D}^{\bullet}$ et $\Lambda^{\bullet}$ qui peuvent être utiles dans les théories mentionnées.

Théorème 1. — *On a toujours, pour* $D^{\bullet} < \infty$ [3]

(1) $$\frac{D^{\bullet}}{e} \leqq \bar{D}^{\bullet} \leqq D^{\bullet},$$

(2) $$C_1 D^{\bullet} \leqq \Lambda^{\bullet} \leqq \pi D^{\bullet},$$

où

$$C_1 = \max_{x>0} \frac{1}{x} \log(1 + x^2) = 0{,}804\ldots,$$

(3) $$e C_1 D^{\bullet} \leqq \Lambda^{\bullet} \leqq \pi \bar{D}^{\bullet}.$$

De plus, ces inégalités sont les meilleures possibles.

La seconde inégalité (1) est évidente; la seconde inégalité (2) est due à Carlson; elle est plus faible que la seconde inégalité (3) qui est due à M. Mandelbrojt [2]. Les autres inégalités semblent être nouvelles.

Pour les suites $\{\lambda_n\}$, pour lesquelles $\lim_{\lambda \to \infty} D(\lambda)$ existe, c'est-à-dire pour les suites mesurables, on a $\bar{D}^{\bullet} = D^{\bullet}$ et $\Lambda^{\bullet} = \pi D^{\bullet} = \pi \bar{D}^{\bullet}$. Pour démontrer que les premières inégalités (1), (2) et (3) ne peuvent pas non plus être améliorées, on construit des suites *lacunaires* où les λ_n sont répartis dans des groupes très écartés l'un de l'autre, tandis que les λ_n appartenant à un même groupe sont très voisins l'un de l'autre.

3. L'indicatrice de croissance de $\Lambda(z)$ est définie par

$$h(\psi) = \limsup_{r \to \infty} \frac{1}{r} \log |\Lambda(re^{i\psi})| \qquad (0 \leqq \psi < 2\pi).$$

Évidemment $h(0) = \Lambda^{\bullet}$, et l'on peut démontrer l'inégalité au sens strict

$$h(\psi) < \Lambda^{\bullet} \quad \text{pour} \quad 0 < \psi < \pi \quad \text{et} \quad \pi < \psi < 2\pi.$$

Appliquant la théorie du diagramme conjugué, on en tire le théorème suivant :

Théorème 2. — *Pour* $0 < D^{\bullet} < \infty$, *les deux points* $s = \pm i\Lambda^{\bullet}$ *sont les seuls points singuliers de* $L(s)$ *sur* $|s| = \Lambda^{\bullet}$.

---

[3] Si $D^{\bullet} = \infty$, on a aussi $\bar{D}^{\bullet} = \infty$ et [pourvu que $\Lambda(z)$ soit définie] $\Lambda^{\bullet} = \infty$.

4. Dans les théories des séries entières, de la quasi-analyticité, etc., on rencontre surtout des suites $\{\lambda_n\}$ avec λ_n entiers. Pour de telles suites on peut améliorer les premières parties des inégalités (1) à (3). Nous ne mentionnons ici que le théorème suivant :

THÉORÈME 3. — *Si les λ_n sont entiers, alors on a*

$$(4) \qquad \varphi(\mathrm{D}^{\bullet})\,\mathrm{D}^{\bullet} \leqq \overline{\mathrm{D}}^{\bullet} \leqq \mathrm{D}^{\bullet},$$

où

$$\varphi(t) = (1-t)^{\frac{(1-t)}{t}},$$

les inégalités (4) *étant les meilleures possibles.*

Remarques. — I. Si les λ_n sont entiers on a $0 \leqq \mathrm{D}^{\bullet} \leqq 1$, et l'on voit facilement que $\varphi(t)$ va en croissant de $1/e$ à 1 lorsque t croît de 0 à 1.

II. Le théorème reste vrai si au lieu de supposer les λ_n entiers on suppose

$$\liminf_{n \to \infty}(\lambda_{n+1} - \lambda_n) \geqq 1.$$

De même on n'a qu'à remplacer $\varphi(\mathrm{D}^{\bullet})$ par $\varphi(\mathrm{D}^{\bullet}h)$ dans (4) pour que le théorème soit vrai pour les suites $\{\lambda_n\}$ avec $\liminf_{n \to \infty}(\lambda_{n+1} - \lambda_n) = h > 0$.

Les démonstrations seront publiées ailleurs.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Théorèmes taubériens généraux* II.
Note de M. **Hubert Delange**, présentée par M. Paul Montel.

Nous nous proposons ici de donner des théorèmes taubériens relatifs aux intégrales de la forme $\int_0^{+\infty} \mathrm{K}\left(\frac{t}{x}\right) ds(t)$, où $s(t)$ est non décroissante (1). Nous illustrerons ces théorèmes par une application aux fonctions entières à zéros réels et négatifs. α et β étant deux nombres réels quelconques, nous désignerons par $\mathcal{K}[\alpha, \beta]$ la classe des fonctions réelles K de la variable réelle positive u, continues et telles que $\mathrm{K}(u)u^{\alpha}$ tende vers une limite finie différente de zéro lorsque u tend vers zéro, ainsi que $\mathrm{K}(u)u^{\beta}$ lorsque u tend vers $+\infty$.

Nous désignerons par $\mathcal{S}[\alpha, \beta]$ la classe des fonctions réelles non décroissantes s de la variable réelle positive t telles que les intégrales $\int_0 t^{-\alpha} ds(t)$ et $\int^{+\infty} t^{-\beta} ds(t)$ soient convergentes.

Si $\mathrm{K} \in \mathcal{K}[\alpha, \beta]$ et $s \in \mathcal{S}[\alpha, \beta]$, l'intégrale $\int_0^{+\infty} \mathrm{K}(t/x)\, ds(t)$ converge quel que soit x réel possitif. D'autre part, à la fonction $\mathrm{K} \in \mathcal{K}[\alpha, \beta]$ nous associons, si $\alpha < \beta$, la fonction

$$\mathrm{C}(z) = z \int_0^{+\infty} \mathrm{K}(u)\, u^{z-1}\, du.$$

(1) Nous avons déjà étudié ces intégrales dans une Note précédente (*Comptes rendus*, **217**, 1943, pp. 309-311).

THÉORÈME 1. — *Soit* $K \in \mathcal{H}[\omega_1, \omega_2]$, *avec* $0 \leqq \omega_1 < \omega_2$, *et supposons* $K(u) > 0$.

Soit d'autre part $\rho(x)$ une fonction réelle définie pour x réel positif assez grand (ou assez petit) et satisfaisant pour x tendant vers $+\infty$ (ou vers zéro) à

$$\omega_1 < \underline{\lim}\,\rho(x) \leqq \overline{\lim}\,\rho(x) < \omega_2,$$

et

$$\lim[\rho(kx) - \rho(x)]\log x = 0, \qquad \textit{uniformément pour} \quad \varepsilon \leqq k \leqq \frac{1}{\varepsilon}.$$

Supposons que $C(z)$ n'ait aucun zéro satisfaisant à

$$(1) \qquad \underline{\lim}\,\rho(x) \leqq \mathcal{R}[z] \leqq \overline{\lim}\,\rho(x).$$

Alors, si $s \in \mathcal{S}[\omega_1, \omega_2]$ et $s(+0) = 0$, pour que l'on ait pour x tendant vers $+\infty$ (vers zéro)

$$\int_0^{+\infty} K\left(\frac{t}{x}\right) ds(t) \sim A x^{\rho(x)},$$

il faut et il suffit que pour t tendant vers $+\infty$ (vers zéro)

$$s(t) \sim \frac{A t^{\rho(t)}}{C[\rho^{(t)}]} \quad [2].$$

THÉORÈME 2. — *Même énoncé en remplaçant les hypothèses* $K(u) > 0$ *et* $C(z)$ *sans aucun zéro satisfaisant à* (1) *par les suivantes :*

a. Il existe un nombre réel ω compris entre ω_1 et ω_2 tel que, si

$$s(t) = s_1(t) - s_2(t),$$

avec s_1 et $s_2 \in \mathcal{S}[\omega_1, \omega_2]$, et $s(+0) = 0$, le fait que $\int_0^{+\infty} K(t/x)\, ds(t) = 0$ pour tout x positif, entraîne $s(t)/t^{\omega} = \text{const.}$, sauf peut-être sur un ensemble dénombrable.

b. Suivant le cas : $\omega < \underline{\lim}_{x \to +\infty} \rho(x)$ ou $\omega > \overline{\lim}_{x \to 0} \rho(x)$ [3].

THÉORÈME 3. — *Soit* $K \in \mathcal{H}[\omega_1, \omega_2]$, *avec* $\omega_1 < \omega_2$, *et supposons* $K(u) > 0$ *et que* K *possède la propriété suivante :*

Si s_1 et $s_2 \in \mathcal{S}[\omega_1, \omega_2]$, le fait que

$$\int_0^{+\infty} K\left(\frac{t}{x}\right) ds_1(t) = \int_0^{+\infty} K\left(\frac{t}{x}\right) ds_2(t),$$

pour tout x positif entraîne que s_1 et s_2 aient les mêmes points de discontinuité et diffèrent par une constante aux autres points.

Alors, si s_1 et $s_2 \in \mathcal{S}[\omega_1, \omega_2]$ et si l'on a pour x tendant vers $+\infty$ (vers zéro),

$$\int_0^{+\infty} K\left(\frac{t}{x}\right) ds_1(t) \sim \int_0^{+\infty} K\left(\frac{t}{x}\right) ds_2(t),$$

---

(2) Le cas $\rho(x) = \rho_0$ constant se ramène à un cas particulier d'un théorème connu de Wiener (*Annals of Math.*, 33, 1932, p. 32, th. XI‴) par le changement de variables $t^{\rho_0} = \tau$, $x^{\rho_0} = \xi$.

(3) On peut donner pour les théorèmes 1 et 2 des énoncés valables sans l'hypothèse $\omega_1 \geqq 0$.

la même relation subsiste en remplaçant K par toute autre fonction positive de la classe $\mathcal{K}[\omega_1, \omega_2]$.

II. *Application aux fonctions entières à zéros réels et négatifs.* — *a.* Les théorèmes 1 et 2 permettent d'établir le résultat suivant :

Soit $f(z)$ une fonction entière de genre $p \geqq 1$, à zéros réels et négatifs, et soit $n(t)$ le nombre de ces zéros de module au plus égal à t.

Soit $\rho(x)$ une fonction réelle définie pour x réel positif assez grand et satisfaisant à

$$p < \varliminf_{x \to +\infty} \rho(x) \leqq \varlimsup_{x \to +\infty} \rho(x) < p + 1$$

et

$$\lim_{x \to +\infty} [\rho(kx) - \rho(x)] \log x = 0 \qquad \text{uniformément pour } \varepsilon \leqq k \leqq \frac{1}{\varepsilon}.$$

Le fait que pour un θ fixe de module $< \pi$ l'on ait pour r infini

$$\log|f(re^{i\theta})| \sim A r^{\rho(r)} \cos\theta\rho(r)$$

entraîne que l'on ait pour t infini

$$n(t) \sim \frac{A}{\pi} t^{\rho(t)} \sin \pi\rho(t),$$

pourvu qu'il n'existe aucun entier impair m satisfaisant à

$$m\frac{\pi}{2(p+1)} < |\theta| \leqq m\frac{\pi}{2\rho_1}, \qquad \text{avec } \rho_1 = \varliminf_{x \to +\infty} \rho(x) \quad (^4)$$

[le résultat est d'ailleurs inexact s'il existe un entier impair m tel que $m\pi/2(p+1) < |\theta| < m\pi/2\rho_1$].

b. Le théorème 3 permet d'établir le premier résultat donné au paragraphe I, *a* de notre Note *Sur certaines fonctions entières* (5), dans le cas $p \geqq 1$.

Une adaptation convenable de nos théorèmes permet d'établir les mêmes résultats pour $p = 0$.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur le nombre des zéros et des pôles distincts d'une fonction méromorphe dans un contour fermé.* Note (1) de M. **Stéphan Serghiesco**, transmise par M. Jules Drach.

1. Dans une Note récente (2) j'ai tenté de déterminer le nombre des zéros et des pôles distincts d'une fonction $F = g/h$, où g et h sont holomorphes, qui sont à l'intérieur d'un contour C. L'intégrale

$$I = \frac{1}{2i\pi} \int_C \frac{F'^2 - FF''}{FF'} dz,$$

(4) Comparer à H. Delange, *Annales E. N. S.*, 72, II, 1945, p. 168.

(5) *Comptes rendus*, 222, 1946, pp. 853-854.

(1) Séance du 15 septembre 1947.

(2) *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 440.

où

$$\frac{F'}{F''}-\frac{F''}{F'}=\frac{g'}{g}+\frac{h'}{h}-\frac{\Phi'}{\Phi} \quad \text{et} \quad \Phi = gh' - hg',$$

donne ce nombre diminué du nombre des zéros de Φ, n'annulant pas gh, qui sont dans C (nombre fini); ces derniers étant comptés avec leur ordre de multiplicité.

Le facteur Φ est un invariant différentiel du faisceau $\lambda g+\mu h=0$. Il ne change pas si l'on remplace g par $\alpha g+\beta h$, α, β étant des constantes, ou h par une expression analogue. Si, pour une valeur de λ/μ, $\lambda g+\mu h$ a le facteur $(z-z_0)^m$, Φ a le facteur $(z-z_0)^{m-1}$. Réciproquement, si Φ a le facteur $(z-z_0)^{m-1}$, pour $\lambda g(z_0)+\mu h(z_0)=0$ le terme $\lambda g+\mu h$ a le facteur $(z-z_0)^m$. La fonction Φ est donc le produit des facteurs multiples des termes $\lambda g+\mu h$, leur exposant étant diminué d'une unité. Seuls les facteurs $(z-z_0)^{m-1}$ où z_0 est dans C interviennent. Si Φ n'a dans C que les facteurs de g et h qui sont multiples, l'intégrale I donne le résultat cherché.

2. Lorsque g et h sont des polynomes d'ordre p, F est rationnel et Φ est un polynome de degré $(2p-2)$. Cet invariant différentiel Φ a été étudié pour $p=4$ par C. Stephanos ([3]) et en général par D. Hilbert ([4]). Ce dernier a montré par la théorie des formes que *le nombre des faisceaux distincts* $\lambda g+\mu h$ *qui donnent un même* Φ *est limité;* il est $N=(p+1)\ldots(2p-2):1.2\ldots(p-1)$. Ce nombre croît très vite avec p : $p=2$, $N=1$; $p=3$, $N=2$; $p=4$, $N=5$; $p=5$, $N=14$; $p=6$, $N=42$; $p=7$, $N=132$; $p=8$, $N=429$. La détermination des faisceaux dépend d'une équation de degré N qui peut avoir des racines multiples et ne donne pas toujours N types distincts; la question appelle d'autres recherches.

Un élément essentiel est le nombre des valeurs remarquables de $\lambda:\mu$, c'est-à-dire des valeurs pour lesquelles $\lambda g+\mu h$ a *au moins* un facteur multiple.

Si $\Phi=(x-a_1)^{\alpha_1-1}\ldots(x-a_m)^{\alpha_m-1}$ avec $\alpha_1+\ldots+\alpha_m-m=2p-2$, on a pour une de ces valeurs

$$\lambda' g+\mu' h=C(x-a'_1)^{\alpha'_1}\ldots(x-a'_{m'})^{\alpha'_{m'}}Q',$$

où les a'_i sont m' termes pris parmi les a_i, α'_i coïncidant avec α_i si $a'_i=a_i$ et où Q' de degré q' n'a que des facteurs simples; on a donc $\alpha'_1+\ldots+\alpha'_{m'}=p-q'$ et pour un Φ convenable on peut avoir un g de ce type. S'il y a k valeurs remarquables, le produit $(\lambda' g+\mu' h)(\lambda'' g+\mu'' h)\ldots$ des k facteurs donne

$$\alpha_1+\ldots+\alpha_m=2p-2+m=kp-r,$$

où r est le degré du produit des facteurs simples, qui est connu ainsi.

Dans le cas de deux valeurs remarquables, qui donneront g et h, on partagera Φ en deux facteurs, et les équations

$$\alpha'_1+\ldots+\alpha'_{m'}+q'=p, \qquad \alpha''_1+\ldots+a''_{m''}+q''=p$$

([3]) C. Stephanos, *Mémoires présentés à l'Académie des Sciences de Paris*, **27**, 1883.

([4]) D. Hilbert, *Math. Annalen*, **33**, 1889, p. 227; *Werke*, II, p. 165.

donneront, avec $m' + m'' = m$,

$$q' + q'' = 2 - m,$$

ce qui exige $m = 1$ ou $m = 2$. Si $m'm'' \neq 0$, il faut donc $m' = m'' = 1$.

Lorsque Φ n'a que des facteurs simples, $\lambda g + \mu h$ n'a que des facteurs doubles. En général, on peut trouver $(2p - 2)$ valeurs remarquables pour $\lambda : \mu$, avec un seul facteur double, mais il peut arriver qu'un terme $\lambda g + \mu h$ possède plusieurs facteurs doubles, ce qui diminue le nombre des valeurs remarquables.

La théorie des formes donne des identités qui conduisent à plusieurs valeurs remarquables pour le faisceau $\lambda g + \mu h = 0$, si l'on pose $z = x : y$ et si l'on remplace Φ par $\partial(g, h)/\partial(x, y)$. En particulier les identités de Halphen $X^n + Y^m = Z^p$ où X, Y, Z sont des polynomes [ou des fonctions doublement périodiques] donnent, avec $g = X^n$, $h = Y^m$, trois valeurs remarquables.

AÉRODYNAMIQUE SUPERSONIQUE. — *Solution approchée des écoulements coniques infinitésimaux.* Note [1] de M. **Paul Germain**, présentée par M. Joseph Pérès.

1. Le but de cette Note est l'étude de l'écoulement autour de cônes quelconques infinitésimaux, c'est-à-dire dont toutes les génératrices font un angle petit avec la direction du vent. Le problème, une fois linéarisé [2], consiste à trouver trois fonctions analytiques U(Z), V(Z), W(Z) définies à une constante imaginaire près, dans une aire annulaire $\mathcal{A}$ dont les parties réelles u, v, w représentent les composantes de la vitesse de perturbation, telles que

$$(1) \qquad -\beta\frac{dU}{dZ} = \frac{2Z}{Z^2+1}\frac{dV}{dZ} = \frac{2iZ}{Z^2-1}\frac{dW}{dZ} \qquad (\beta = \sqrt{M^2-1}),$$

$$(2) \qquad u = v = w = 0 \quad \text{sur } C_0,$$

$$(3) \quad v[\rho\cos\theta + \rho'\sin\theta + \rho'(\rho\cos\theta - \rho'\sin\theta)] + w[\rho\sin\theta - \rho'\cos\theta + \rho^2(\rho\sin\theta + \rho'\cos\theta)] = \frac{2\rho^2}{\beta} \quad \text{sur } C.$$

C_0 est le cercle de rayon 1 représentant le cône de Mach, C intérieur à C_0 représente l'obstacle étudié; $\mathcal{A}$ est l'aire comprise entre C et C_0. Si $\rho = \rho^{(\theta)}$ est l'équation polaire de C, on suppose que $\rho^{(\theta)}$ et $\rho'^{(\theta)}$ sont bornés par un nombre k tel que $k \ll 1$.

2. A partir des relations (1) et (2) on peut montrer que si M désigne le

---

(1) Séance du 21 juillet 1947.

(2) P. Germain, *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 183. La variable utilisée ici est liée à la variable ζ de la Note citée par la relation $Z = e^{i\zeta}$.

maximum de $|V(Z)|$ dans $\mathfrak{A}$, on a, tout au moins au voisinage de C_0,

$$(4)\quad \begin{cases} V(Z)=K_1\left(\frac{1}{Z}-Z\right)+\sum_2^{\infty}\frac{K_n}{Z^n}+O(Mk^2\operatorname{Log}k) \quad (^3), \\ W(Z)=iV(Z)+O(Mk^2\operatorname{Log}k), \\ \frac{\beta}{2}U(Z)=K_1\operatorname{Log}Z-\frac{3}{2}\left(\frac{K_2}{Z}-\overline{K_2}Z\right)-\sum_3^{\infty}\frac{n+1}{n}\frac{K_n}{Z^n}+O(Mk^3\operatorname{Log}k), \end{cases}$$

K_1 doit être réel, et les K_n sont $O(Mk^n)$.

En posant $H(Z)=\sum_1^{\infty}\frac{K_n}{Z^n}$, on voit que, en première approximation,

$$(5)\qquad V(Z)=H(Z)-K_1Z,\qquad U(Z)=-\frac{2}{\beta}\left[\int Z\frac{dH}{dZ}dZ-\frac{3}{2}\overline{K_2}Z\right].$$

Avec l'approximation faite, la fonction $H(Z)$ est holomorphe à l'extérieur de C, et (3) montre qu'elle satisfait sur C à la relation

$$(6)\qquad R\left\{-iH\frac{dZ}{d\theta}\right\}=\frac{2\rho^2}{\beta}. \quad (^4)$$

$H(Z)$ est déterminé par une condition d'Hilbert; soit $z(Z)$ la transformation conforme canonique appliquant l'extérieur de C sur un cercle γ du plan z, et posons $F(Z)=i\operatorname{Log}z/r$, $z=re^{i\varphi}$ sur le cercle γ; (6) s'écrit

$$(7)\qquad R\left\{i\frac{H(Z)}{F'(Z)}\right\}=\frac{2\rho^2}{\beta}\frac{d\theta}{d\varphi}=\frac{2}{\beta}R\left\{z\overline{Z}\frac{dZ}{dz}\right\}.$$

Soit enfin $G(Z)$ la fonction holomorphe à l'extérieur de C régulière et réelle à l'infini dont la partie réelle prend sur C les valeurs $2\rho^2 d\theta/\rho\, d\varphi$.

On a

$$(8)\qquad H(Z)=-iF'(Z)G(Z),$$

l'unicité de la solution étant assurée par le fait que K_1 est réel (⁵).

Une conséquence immédiate de (7) est que si deux contours C, $Z_0(\theta)$ et $Z_1(\theta)$ sont tels que $Z_1=Z_0+\alpha$ (α étant constant), les fonctions H_0 et H_1 correspondantes satisfont à l'équation

$$H_1=H_0+\frac{2}{\beta}\left[\alpha\frac{r^2}{z^2}\frac{dz}{dZ}+\overline{\alpha}\left(1-\frac{dz}{dZ}\right)\right].$$

3. Voici quelques applications immédiates :

Si C est un cercle de rayon r centré au point $Z=a$ (réel)

$$U(Z)=\frac{4r^2}{\beta^2}\left[\operatorname{Log}(Z-a)-\frac{3a}{Z-a}-\frac{a^2}{(Z-a)^2}+4aZ\right].$$

(³) O désigne le symbole de Landau : $O(Mk^2\operatorname{Log}k)$ représente une quantité d'ordre $Mk^2\operatorname{Log}k$.

(⁴) R désigne la partie réelle.

(⁵) On montre que $K_1=2S/\pi\beta$, S étant l'aire de C.

On retrouve, à l'approximation prévue, la formule donnée par Busemann (⁶).
Si C est une ellipse d'axes OX, OY,

$$U(Z) = \frac{4}{\beta^2}\left(r^2 - \frac{a^4}{r^2}\right)\left\{ \text{Log}\,\frac{Z + \sqrt{Z^2 - 4a^2}}{r} - \frac{\sqrt{Z^2 - 4a^2} - Z}{\sqrt{Z^2 - 4a^2}} \right\} \quad (^7),$$

ce qui fournit une expression simple pour la pression.

La remarque faite à la fin du paragraphe 2 permet, en passant à la limite, d'étudier immédiatement l'aile Δ portante, quand l'angle ω_0 du Δ est petit. On trouve en particulier

$$\frac{dc_z}{di} = 2\pi \,\text{tang}\,\omega_0,$$

formule déjà trouvée par R. T. Jones [8] et M. J. Stewart [9] par des méthodes différentes.

MÉCANIQUE CÉLESTE. — *Simplification du système principal d'équations des méthodes d'Olbers et de Gauss pour la détermination des orbites paraboliques.* Note [1] de M. **Benjamin de Jekhowsky**, transmise par M. Ernest Esclangon.

Dans la méthode d'Olbers pour la détermination des orbites paraboliques, comme dans celles de Gauss et de Gauss-Merton [2], les distances géocentriques ρ_1 et ρ_2 des lieux extrêmes de l'astre sont données par deux groupes d'équations du système suivant :

$$(1)\quad \left\{ \begin{array}{ll} P_1\rho_1^2 + P_2\rho_1 + P_3 = s^2, & r_1^2 = \rho_1^2 + 2S_1\rho_1 + R_1^2, \\ (r_1 + r_2 + s)^{\frac{3}{2}} - (r_1 + r_2 - s)^{\frac{3}{2}} = 6\tau, & r_2^2 = \rho_2^2 + 2S_2\rho_2 + R_2^2, \end{array}\right. \quad \rho_2 = M\rho_1,$$

que l'on résout par approximations successives, en appliquant soit la méthode de Gauss, qui consiste en une série de tâtonnements, soit celle d'Encke, qui consiste en une suite de formules, donnant lieu toutes deux à des calculs généralement très longs.

Nous avons déjà montré que, les observations étant rapprochées, le premier groupe d'équations du système (1) se réduit à une seule équation [3].

(⁶) *Infenitesimale kegelige Uberschallströmung* (*Deutsche Akad. der Luftfahrtforschung*, 1943.

(⁷) (8) s'écrit alors $Z = z + a^2/z$.

(⁸) *N. A. C. A. Tech.*, Note n° **1032**, 1945.

(⁹) *The lift of a delta wing at supersonic speeds* (*Quart. of Appl. Math.*, oct., 1946).

(¹) Séance du 25 août 1947.

(²) *A modification of Gauss's method for the determination of orbits* (*Monthly Notices of R. A. S.*, June 1925, pp. 693-730).

(³) Équation (4′) de ma Note, *Comptes rendus*, **222**, 1946, pp. 783-785.

Mais, les méthodes ci-dessus servant en général au calcul des orbites à l'époque de la découverte de l'astre, afin de pouvoir obtenir au plus tôt des éléments permettant de calculer une éphéméride provisoire, et l'emploi de logarithmes à cinq et même quatre décimales suffisant alors largement, le second groupe d'équations du système (1) peut être réduit aussi à une seule équation.

D'une façon évidente on obtient d'abord

$$(2)\qquad r_1^2+r_2^2=(1+M^2)\rho_1^2+2(S_1+S_2M)\rho_1+R_1^2+R_2^2.$$

En considérant ensuite l'identité

$$(A+B)^2+(A-B)^2\equiv 2(A^2+B^2),$$

si

$$(3)\qquad A \,\#\, B,$$

nous pouvons écrire

$$2(A^2+B^2) \,\#\, (A+B)^2.$$

Or, les quantités r_1, r_2, R_1, R_2, M, S_1, S_2 qui interviennent dans le calcul de l'équation (2), vu les intervalles de temps d'observations petits et la position de l'astre à l'époque de sa découverte, satisfont tous à la condition (3) et sont de la forme

$$A=1+\varepsilon_a,\qquad B=1+\varepsilon_b,$$

de sorte qu'avec une erreur absolue $\varepsilon=(\varepsilon_a-\varepsilon_b)^2$ nous pouvons écrire

$$(4)\quad 2(r_1^2+r_2^2) \,\#\, (r_1+r_2)^2,\qquad 2(R_1^2+R_2^2) \,\#\, (R_1+R_2)^2,\qquad 2(1+M^2) \,\#\, (1+M)^2,$$

et de même

$$S_1 \,\#\, S_2.$$

Cette dernière relation après avoir multiplié chaque membre par $(1-M)$, puis avoir ajouté à chacun d'eux la somme S_1+2S_2M, par une transformation simple donne

$$(5)\qquad 2(S_1+S_2M) \,\#\, (S_1+S_2)(1+M).$$

Avec (4) et (5), l'équation (2) s'écrit

$$(2')\qquad 2^{-1}(r_1+r_2)^2=2^{-1}(1+M)^2\rho_1^2+(S_1+S_2)(1+M)\rho_1+2^{-1}(R_1+R_2)^2,$$

et le système (1) devient

$$(1')\qquad \begin{cases} P_1\rho_1^2+P_2\rho_1+P_3=4\tau^2(r_1+r_2)^{-1},\\ (1+M)^2\rho_1^2+2(S_1+S_2)(1+M)\rho_1+(R_1+R_2)^2=(r_1+r_2)^2,\end{cases}$$

c'est-à-dire un système analogue à celui de la méthode Lagrange-Andoyer.

Ainsi la méthode [3] que nous avons indiquée récemment pour la résolution de ce dernier peut être également appliquée ici avec un grand avantage et, si l'on veut, la méthode de Newton devient aussi utilisable.

Voici un exemple : Comète 1925 *c* (Orkisz). Les intervalles de temps d'observation étant de 4,5 jours,

$$[P_1]=[\bar{2},52311];\quad [P_2]=[\bar{2},66564_n];\quad [P_3]=[\bar{2},37681];\quad [4\tau^2]=[\bar{2},98171];$$
$$[2(S_1+S_2)]=[0,48139_n];\quad [1+M]=[0,28703];\quad [R_1+R_2]=[0,30186].$$

Sans difficulté on trouve

$$[\rho_1]_1=[0,14253];\quad [\Sigma r_{1,2}]_1=[0,60489];\quad [\Sigma r_{1,2}]_{(1)}=[0,26057];$$
$$[\rho_1]_2=[0,19436];\quad [\Sigma r_{1,2}]_2=[0,46324];\quad [\Sigma r_{1,2}]_{(2)}=[0,30186].$$

Les formules (6) et (7) de ma précédente Note ([4]) donnent

$$[\rho_1]_3=[0,14253]+0,09756=[0,19436]+0,04573=[0,24009].$$

Puis, avec une seule approximation, on a

$$[\rho_1]_4=[0,19436]+0,04105=[0,24009]-0,00468=[0,23541],$$

de sorte que

$$\rho_1=1,720 \quad \text{et} \quad \rho_2=M\rho_1=1,611.$$

Ce résultat justifie pleinement ce qui a été dit. Étant donné des observations embrassant déjà 9 jours, on trouve pour ρ_1 et ρ_2 des valeurs exactement identiques à celles que l'on obtient par les méthodes mentionnées ci-dessus.

ASTROPHYSIQUE. — *Sur la constance du flux intégré dans les atmosphères stellaires et la résolution de l'équation de transfert.* Note ([1]) de M. **Vladimir Kourganoff**, transmise par M. Bernard Lyot.

La plupart des théories des atmosphères stellaires utilisent, plus ou moins explicitement, comme condition caractéristique des couches photosphériques, celle de la constance du flux intégré du rayonnement continu. Cependant, pour résoudre l'équation de transfert, on est conduit généralement à faire un certain nombre d'approximations (telles que $K=(1/3)J$, itération arrêtée à un certain stade, ou remplacement des intégrales par des sommes approchées, etc.) qui font que le flux intégré $\mathcal{F}(\tau)$ *relatif aux solutions* n'est pas rigoureusement constant. Il en est ainsi même lorsqu'au cours des calculs on a employé des équations qui expriment la conservation rigoureuse du flux. Cet effet ne semble pas avoir reçu encore toute l'attention qu'il mérite.

Le critérium de la qualité d'une solution, le plus employé, a été jusqu'à présent la conformité de la loi d'assombrissement correspondante, soit avec l'assombrissement observé, dans le cas du Soleil, soit avec l'assombrissement

---

([4]) *Comptes rendus*, **224**, 1947, pp. 1697-1699.

([1]) Séance du 18 août 1947.

théorique exact obtenu par Hopf dans l'hypothèse standard du corps gris. Dans le premier cas, il est peu satisfaisant de faire appel à des données d'observation pour juger du degré de cohérence interne d'une théorie, et de plus des recherches récentes ont montré que ce critère pour être efficace devrait utiliser des observations d'une précision jamais encore atteinte; aussi a-t-on vu les théories les plus différentes, et certaines très imparfaites, se prévaloir successivement d'une explication satisfaisante de l'assombrissement solaire. En particulier la faveur persistante de l'hypothèse du corps gris, semble due autant à l'imperfection du critérium de l'assombrissement qu'à sa commodité mathématique. Dans le deuxième cas, la méthode est plus satisfaisante du point de vue théorique, mais en revanche son emploi est précisément limité à l'hypothèse du corps gris et surtout ne semble pas avoir un grand pouvoir heuristique.

Nous proposons donc un critérium, que nous croyons nouveau, et plus puissant que l'ancien. Soit

$$\sigma = \int_0^\infty \left[\frac{\mathcal{F}(\tau)}{F} - 1 \right]^2 d\tau, \tag{1}$$

l'écart quadratique « intégral » entre le *flux-solution* $\mathcal{F}(\tau)$ et la valeur théorique constante, F, du flux, liée par hypothèse au flux émergent et à la température effective T_e. Nous préciserons dans une Note ultérieure comment on doit appliquer la méthode dans le cas où $\varkappa_\lambda$ varie avec λ, et nous nous placerons pour commencer dans le cas standard du corps gris.

Il est naturel d'admettre que les solutions les meilleures sont celles qui donnent le plus petit σ, c'est-à-dire le flux le plus constant dans son ensemble. Or, chaque solution est caractérisée avant tout par une certaine *fonction-source* (Ergiebigkeit) B, de τ, qui donne, dans l'hypothèse usuelle de l'équilibre thermodynamique local, la loi de répartition des températures T en fonction de τ. Presque toutes les solutions existantes sont comprises dans la formule générale

$$B(\tau) = \sum_i \frac{b_i}{i!} \tau^i + \sum_n a_n e^{-\beta_n \tau}. \tag{2}$$

Or, à cette expression de $B(\tau)$ correspond l'expression générale suivante de $\mathcal{F}(\tau)$, qui, d'ailleurs, se simplifie notablement dans les différents cas rencontrés dans la pratique :

$$\begin{aligned} \mathcal{F}(\tau) = \sum_i b_i & \left[2(-1)^i K_{i+3}(\tau) + \sum_{k=0}^{i} \frac{2\tau^k}{k!} \left(\frac{1-(-1)^{i+2-k}}{i+2-k} \right) \right] \\ & + \sum_n a_n \left\{ \frac{2e^{-\beta_n \tau}}{\beta_n^2} \left[2\beta_n + \log \left| \frac{\beta_n - 1}{\beta_n + 1} \right| + K_1(\tau - \tau\beta_n) \right] - \frac{2}{\beta_n^2} [\beta_n K_2(\tau) + K_1(\tau)] \right\}. \end{aligned} \tag{3}$$

Dans deux Notes (²) récentes nous avons rappelé la définition des fonctions $K_n(x)$ et donné les expressions des intégrales $I_{psn}(a)$ et $I_{psnm}(a, b)$ auxquelles l'expression (3) donne naissance quand on la substitue dans la définition (1) de σ, d'où la possibilité d'évaluer σ dans tous les cas.

En outre, comme σ est une forme quadratique en a_n, b_i, en exprimant que σ est minimum par des équations $\sigma'_{a_n} = 0$; $\sigma'_{b_i} = 0$, on obtient un système linéaire en a_n, b_i, dont la résolution fournit les valeurs les meilleures des paramètres a_n et b_i relatifs à *une forme donnée* de $B(\tau)$. Cela représente une méthode, nouvelle à notre connaissance, de la résolution de l'équation de transfert, analogue dans son esprit aux applications de la méthode variationnelle de Ritz en Mécanique quantique. Dans ce qui précède nous avons supposé implicitement que les β_n ont été choisies arbitrairement ou *empruntées aux solutions antérieures*, mais on pourrait les déterminer également par les conditions $\sigma'_{\beta_n} = 0$, bien que cela conduise à un système non linéaire.

La table ci-dessous donne, à titre d'exemple, les valeurs de σ relatives aux trois solutions les plus connues, où $B(\tau)$ est de la forme $b_0 + b_1\tau$, ainsi que les lois de température correspondantes, dont la troisième est particulièrement célèbre et souvent utilisée. Elle contient enfin la valeur de σ minimum, obtenue par la méthode indiquée plus haut, et la loi de température correspondante. On voit comment la décroissance de σ reflète le perfectionnement progressif des solutions, et combien la solution de Milne était, en son genre, près de la perfection.

Année.	Solution de	Loi de température.	Valeur de σ.
1906.....	Première appr. de Schwarzschild	$T^4 = \frac{1}{2}T_e^4(1 + 2\tau)$	$+\infty$
1917.....	Approximation de Jeans	$T^4 = \frac{1}{2}T_e^4\left(\frac{3}{4} + \frac{3}{2}\tau\right)$	$8{,}56.10^{-3}$
1921.....	Première appr. de Milne	$T^4 = \frac{1}{2}T_e^4\left(1 + \frac{3}{2}\tau\right)$	$0{,}70.10^{-3}$
1947.....	Notre solution à σ minimum	$T^4 = \frac{1}{2}T_e^4\left(a + \frac{3}{2}\tau\right)$	$0{,}23.10^{-3}$

La valeur de a est égale à $3I_{0,0,4,3}/2I_{0,0,3,3} = 1{,}079\ldots$

PHYSIQUE. — *Sur l'influence des conditions aux limites transversales sur la célérité des ondes explosives dans les mélanges gazeux.* Note (¹) de MM. **Henri Guénoche** et **Numa Manson**, transmise par M. Gustave Ribaud.

I. Dans une Note récente (²) ont été exposés des résultats de mesures sur la variation de la célérité de détonation provoquée par une modification des parois

(²) Séances du 11 août et du 25 août 1947.

(¹) Séance du 1er septembre 1947.

(²) H. Guénoche et P. Laffitte, *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 1224.

du tube d'explosion. Ce phénomène, signalé par Shchelkin (³), se produit en particulier lorsqu'un fil métallique enroulé en spirale est introduit dans le tube de façon que la paroi intérieure de celui-ci soit tangente à l'hélice ainsi formée. La diminution de la célérité observée dépend de la nature et de la composition du mélange, des dimensions relatives du fil et du récipient utilisés, du pas de la spirale réalisée.

Ayant cherché à préciser si l'introduction de la spirale dans le tube n'avait pas pour conséquence la modification du mode de propagation, nous avons procédé à des mesures de la pression totale dans un tube lisse et dans le même tube muni d'une spirale. Ces mesures, sans être absolues (⁴), nous ont permis de constater qu'il ne s'agissait en aucun cas de déflagration. Comme la célérité de propagation, tout en étant diminuée, reste pratiquement constante, il s'agit donc vraisemblablement d'une propagation par onde explosive dont la célérité dépendrait des conditions aux limites transversales (⁵).

II. La théorie des ondes de choc et combustion (⁶)(⁷) s'appuyant sur l'hypothèse du mouvement par tranches des gaz brûlés, ne tient pas compte de ces conditions. Pour pouvoir interpréter le phénomène à l'aide de cette théorie, nous avons admis qu'en présence du fil hélicoïdal les gaz brûlés ont tendance à prendre un mouvement de rotation (⁸).

Dans ces conditions, le développement de la théorie permet de montrer que si la valeur absolue de la célérité de l'onde reste la même que dans l'hypothèse du mouvement par tranches, son orientation n'est plus nécessairement parallèle à l'axe du tube (⁹). Il en résulte que la célérité observée est la valeur moyenne des projections sur l'axe de la célérité de l'onde qui reste perpendiculaire en tout point à la surface de celle-ci. Par conséquent, si D_0 est la célérité normale (tube lisse), la célérité D en présence des spires, en un point de la surface élémentaire $d\Sigma$ de l'onde, est $D = D_0 \cos\theta = D_0(ds/d\Sigma)$, où θ est l'angle que fait la normale à $d\Sigma$ avec l'axe du tube dont ds est un élément de surface. En inté-

---

(³) *Acta Physico-chimica U. R. S. S.*, **20**, 1945, p. 303.

(⁴) Nous avons utilisé un manographe à capacité variable (Philips).

(⁵) L'influence de ces conditions a été déjà signalée par l'un de nous (⁷) dans le cas des ondes explosives « hélicoïdales ».

(⁶) E. Jouguet, *La Mécanique des Explosifs*, Paris, 1947.

(⁷) N. Manson, *Thèse*, Paris, 1946.

(⁸) Cette hypothèse est d'ailleurs justifiée par l'expérience, comme il a été signalé (¹); on constate que les spires favorisent l'apparition de stries caractéristiques des ondes dites hélicoïdales. Ces stries, qui dans un tube lisse apparaissent sur l'enregistrement comme pratiquement horizontales, ne le sont plus en présence de spires. Elles sont nettement inclinées et leur inclinaison ne reste pas constante.

(⁹) Déjà dans le cas de l'onde explosive ordinaire, ce n'est pas tout à fait le cas (⁷) (¹⁰).

(¹⁰) W. A. Bone, R. P. Fraser et W. H. Wheeler, *Phil. Trans. Roy. Soc.*, London A, **235**, 1936, p. 29.

grant cette expression, on obtient

$$\overline{D} = \rho D_0 = \frac{s}{\Sigma} D_0. \tag{1}$$

3. On peut obtenir l'allure de la variation de $\overline{D}$ en précisant le mouvement de rotation des gaz brûlés. En particulier, lorsque le rapport de la grosseur du fil au diamètre intérieur du tube est suffisamment grand, il est plausible d'admettre que les gaz brûlés tendent à tourner d'un mouvement hélicoïdal dont le pas varie d'abord dans le même sens que le pas de l'hélice métallique, puis, lorsque celui-ci atteint une valeur critique, tend à croître en raison inverse pour devenir infini lorsque les spires sont jointives. Cette loi peut être représentée par l'expression

$$h = \frac{A}{2\pi n(1 - ne)} \frac{R}{r} = \frac{R^2}{\lambda r}, \tag{2}$$

où h est le pas réduit de l'hélice d'un filet gazeux situé à la distance r de l'axe du tube et auquel l'onde est normale, n le nombre de spires par centimètre de l'hélice métallique, e le diamètre du fil, R le rayon du tube et A une constante qui ne dépend que de la nature du mélange.

A l'aide de cette relation nous avons déterminé $\rho = \overline{D}/D_0 = s/\Sigma$

$$\rho = \frac{2\lambda}{\mathrm{Log}_e\left[\lambda + \sqrt{\lambda^2 + 1}\right] + \lambda\sqrt{\lambda^2 + 1}}, \tag{3}$$

et vérifié que, conformément à l'expérience, d'une part pour $n = 0 (\lambda = 0)$ et $n = 1/e$ (spires jointives) $\rho = 1$, et d'autre part pour $n = 1/2e$, ρ a une valeur minima qui dépend de A, R et e.

SPECTROSCOPIE. — *Spectre d'absorption ultraviolet de l'azote comprimé jusqu'à* 1200 kg/cm². Note (¹) de MM. **Stéphane Robin, Boris Vodar** et **Georges Philbert**, présentée par M. Jean Cabannes.

Au cours d'une étude des spectres d'absorption des liquides comprimés, nous avons utilisé des gaz pour transmettre la pression; nous nous sommes aperçus ainsi que l'azote commercial devient fortement absorbant au-dessous d'environ 3000 Å à des pressions dépassant quelques centaines d'atmosphères. Les résultats préliminaires relatifs à cette absorption font l'objet de la présente Note.

Dans notre appareil, le gaz commercial à une pression de 100 à 150 kg/cm² est injecté dans une des branches d'un siphon à demi rempli de mercure et dont l'autre branche communique avec une pompe à main à huile; ce gaz peut être ainsi comprimé jusqu'à 1200 kg/cm² sans entrer en contact avec l'huile de la

(¹) Séance du 1er septembre 1947.

pompe; il est également comprimé dans un cylindre, réuni au siphon et muni de deux fenêtres de quartz distantes de 5^{cm}.

La plupart de nos essais ont été faits avec l'azote *pur et sec* fourni par la Société *L'Air Liquide*, et renfermant moins de 1/10000 d'oxygène et un peu d'argon suivant l'analyse faite dans les laboratoires du fournisseur (²). Pour réaliser des concentrations en oxygène plus fortes, nous faisions un mélange de O_2 et N_2 au sein du siphon et nous le détendions dans la cuve d'absorption.

Nos mesures mettent en évidence les résultats suivants :

1° Il existe dans N_2 comprimé une absorption continue débutant vers 3000 Å et dont l'intensité croît régulièrement jusqu'à la limite de nos spectres (2000 Å); en outre, quelques bandes se dessinent sur le fond continu entre 2550 et 2850 Å. Sous l'épaisseur de 5^{cm}, l'absorption devient importante au dessus de 500 kg/cm².

2° La croissance de cette absorption est extrêmement rapide en fonction de la pression; les coefficients d'extinction moléculaires ε sont liés à la densité ρ approximativement par la relation $\varepsilon = \text{const.} \times \rho^{3,5}$.

3° L'absorption trouvée est un effet spécifique de la pression, car à quantité de matière égale (dans une cuve de 50^{cm} et sous 120kg/cm²), le même gaz est pratiquement transparent.

4° L'absorption ne dépend pas sensiblement de la concentration en oxygène pour des concentrations en poids de O_2 comprises entre 1/10000 et 1/100.

L'interprétation des résultats ci-dessus est pour l'instant difficile. On sait que les mesures d'absorption atmosphérique montrent que la molécule N_2 n'absorbe pas dans notre région spectrale (2) et qu'il en est de même de la molécule d'oxygène (³) (⁴). Toutefois, pour cette dernière, dans les états condensés, il est bien connu que les chocs créent des paires $O_2 - O_2$, ou $O_2 - N_2$, $O_2 - H_2$, $O_2 - CO_2$, etc., la densité optique variant dans ces cas, à peu près comme le carré de la concentration (⁵) (⁶). Le calcul de l'absorption due à O_2 perturbé par N_2 montre que celle-ci est négligeable dans nos conditions expérimentales, ce qui est corroboré par le résultat du 4° et par le fait que les bandes discrètes observées ne sont pas celles de O_2 comprimé. Nous avons songé aux impuretés photochimiques ou préexistantes telles que NO et NO_2, mais nous n'avons pas trouvé leurs bandes caractéristiques, et une irradiation prolongée ne change pas l'absorption. D'autre part, il existe de la vapeur de Hg dans notre gaz et l'on observe la raie 2537 Å, mais les bandes discrètes ne sont pas celles de Hg_2.

(²) Ce degré de pureté est obtenu en traitant l'azote rectifié par l'hydroquinone et la potasse.

(³) Mme A. VASSY, *Ann. Phys.*, **16**, 1941, 145.

(⁴) L. HERMAN, *Ann. Phys.*, **11**, 1939, 548.

(⁵) W. FINKELNBURG, *Kontinuierliche Spektren*, Berlin, 1938.

(⁶) W. HEILPERN, *Helv. phys. Acta*, (4), **19**, 1946, p. 245.

Il n'est donc pas impossible que l'absorption observée soit due aux molécules N_2 elles-mêmes perturbées au sein du gaz comprimé. Toutefois, comme l'azote liquide, d'après Ciechomsky ([7]), est transparent dans l'ultraviolet, il est évident que d'autres mesures, que nous envisageons maintenant, sont nécessaires pour pouvoir conclure avec certitude.

OPTIQUE. — *Sur la vérification expérimentale de la répartition de la lumière dans les taches de diffraction et la légitimité de l'application du principe de Huyghens-Fresnel.* Note ([1]) de M. **André Maréchal**, présentée par M. Jean Cabannes.

Pour apprécier l'effet des aberrations géométriques sur la qualité des instruments d'optique, on peut, si ces aberrations sont faibles, déterminer l'éclairement maximum au centre de la tache de diffraction et le comparer à celui qu'on obtiendrait en l'absence d'aberrations ([2]). Lorsque les aberrations sont plus importantes, on peut calculer mécaniquement la répartition des éclairements dans la tache image en utilisant un intégrateur spécialement conçu et construit à cet effet ([3]).

Mais ces calculs sont basés sur l'application du principe de Huyghens-Fresnel dont la validité peut être mise en doute; les bords du diaphragme sont en effet le siège de phénomènes mal connus qui produisent des perturbations d'amplitude et de phase sur la surface d'onde. L'influence relative de ces phénomènes étant d'autant plus grande que la pupille est plus petite, nous nous sommes proposé d'effectuer des contrôles expérimentaux en utilisant des diaphragmes n'ayant que quelques millimètres de diamètre.

La photométrie photographique nous a permis de vérifier, avec une précision relative de quelques centièmes, la répartition des éclairements dans les taches de diffraction obtenues dans les cas suivants :

1° En l'absence d'aberrations (tache d'Airy), nous avons poursuivi les mesures jusqu'au 6e anneau clair;

2° En présence de défauts de mise au point de $\lambda/4$ et λ;

3° En présence d'un astigmatique égal à $\pm 1{,}275$, lorsqu'on met au point au voisinage de la focale ou sur *le cercle de moindre diffusion*.

Nous avons, dans chaque cas, étudié deux sections différentes du phénomène de diffraction.

Nous n'avons pu déceler ainsi aucun écart appréciable entre les résultats

---

([7]) *Dissert.*, Fribourg (Suisse), 1910.

([1]) Séance du 15 septembre 1947.

([2]) A. Maréchal, *Comptes rendus*, 218, 1944, pp. 345-395.

([3]) A. Maréchal, *Comptes rendus*, 218, 1944, p. 910.

théoriques et expérimentaux, ce qui, d'une part, confirme le bon fonctionnement de l'appareil intégrateur et, d'autre part, laisse penser que l'application du principe de Huyghens-Fresnel conduit à des résultats suffisamment précis pour les besoins de la pratique, en particulier pour la détermination du pouvoir séparateur des instruments d'optique.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Hydratation des ions.*
Note de M

Dans un précédent travail [1] nous avons montré comment l'étude de l'hydrolyse du molybdo-tartrate d'ammonium $[4MoO_3, 2C_4O_6H_4H]Am_4$ permet de déterminer les nombres de molécules d'eau fixées sur une molécule de ClNa.

On mesure la variation, en fonction de la concentration, du pouvoir rotatoire spécifique $[\alpha]$ du complexe seul et du complexe additionné d'une quantité déterminée de sel; la diminution de l'hydrolyse du complexe dans le second cas est attribuée à la fixation d'eau par les ions du sel. Nous avons voulu généraliser cette étude en opérant avec divers sels; une difficulté pratique tient au fait que beaucoup de sels donnent avec le complexe un abondant précipité blanc. Finalement notre choix s'est porté sur les sels anhydres suivants : Cl_2Ca, So_4Na_2 $(So_4)_3Al_2$. Pour avoir des solutions stables, il faut opérer comme il suit : dissoudre le sel anhydre dans un peu d'eau et ajouter le complexe au sel (et non l'inverse); on ne peut d'ailleurs dépasser la concentration de 12 à 15 g/l en complexe.

Nous avons toujours employé une concentration en sel de 0,05 mol/l. A partir des graphiques représentant les $[\alpha]$ en fonction des concentrations, nous avons déterminé les nombres d'hydratations du sel pour les trois mêmes taux d'hydrolyse du complexe égaux respectivement à 0,21, 0,35, 0,50. Ces nombres sont les suivants pour les quatre sels :

		0,21.	0,35.	0,50.
Taux d'hydrolyse		0,21.	0,35.	0,50.
mol. d'eau fixées par	NaCl	101	251	750
	$CaCl_2$	158	625	915
	So_4Na_2	59	79	198
	$(So_4)_3Al_2$	59	418	725

Les quatre sels présentent des ions communs et l'étude comparative des résultats permet de voir l'influence de la nature de l'ion et celle de sa valence. Si l'on compare ClNa et Cl_2Ca, on voit l'influence nette de l'ion Ca^{++} bivalent dont la présence accroît l'hydratation; de même si l'on compare So_4Na_2 et $(So_4)_3Al_2$, on voit que la substitution de l'ion trivalent Al^{+++} à l'ion monovalent Na^+ accroît d'une notable façon (sauf pour le taux d'hydrolyse le

[1] *Thèse*, Paris, 1944; *Journal de Chimie physique*, janvier-mars 1946.

plus faible) le nombre d'hydratations. Cependant le fait que So_4Na_2 est moins hydraté que ClNa est contradictoire avec ce qu'on sait des hydratations des ions Cl^- et So_4^{--} déduites d'autres méthodes [So_4^{--} est plus hydraté que Cl^-]; et de même l'hydratation de $(So_4)_3Al_2$ devrait théoriquement être plus grande que celle de Cl_2Ca puisque les deux ions qui composent le premier de ces deux sels sont plus hydratés que les deux ions du second. Dans ce dernier cas, une explication de l'anomalie observée peut être trouvée dans le fait que $(So_4)_3Al_2$ est partiellement hydrolysé en solution et que, par suite, les ions Al^{+++} libres sont en quantité inférieure à celle des ions Al^{+++} introduits. Une confirmation de cette hypothèse se trouve dans le fait que la solution de $(So_4)_3Al_2$ avant l'adjonction du complexe est légèrement trouble.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la distribution des poids moléculaires dans des polymères formés en solution.* Note [1] de MM. **Egbert Kunst** et **Michel Magat**, présentée par M. Gustave Ribaud.

La distribution théorique des poids moléculaires dans les polymères a été jusqu'à présent déduite uniquement à partir de considérations cinétiques basées sur divers mécanismes de formation.

Or, il existe dans certains cas une possibilité de déduire cette distribution à partir de considérations thermodynamiques dans la mesure où l'on peut supposer qu'un équilibre thermodynamique entre les différents types de molécules est atteint.

Cette hypothèse nous paraît justifiée si l'on admet avec H. S. Taylor et A. V. Tobolsky [2] que les initiateurs de polymérisation sont des vrais catalyseurs, c'est-à-dire capables de catalyser aussi bien la réaction de dépolymérisation. En effet, on connaît, grâce aux travaux de M. L. Huggins [3], P. J. Flory [4], R. L. Scott et M. Magat [5] et d'autres, l'entropie des molécules de polymères en solution en fonction de leur poids moléculaire. On connaît aussi, d'autre part, tout au moins dans certains cas, la chaleur de formation h d'une liaison. L'équilibre thermodynamique est alors défini par la condition

$$dF = \Sigma\left(\frac{\partial F}{\partial n_i}\right) dn_i = 0, \qquad (1)$$

où F est l'énergie libre et n_i le nombre de molécules dans une fraction de degré de polymérisation m_i.

---

(1) Séance du 15 septembre 1947.

(2) *J. Am. Chem. Soc.*, 67, 1945, p. 2063.

(3) *Ann. N. Y. Acad. Sc.*, 43, 1942, p. 1.

(4) *J. Chem. Phys.*, 10, 1942, p. 51.

(5) *J. Chem. Phys.*, 13, 1945, p. 172.

Si nous considérons une solution contenant

(2) $$\Sigma n_i m_i = \nu$$

molécules de monomère, on peut écrire pour l'énergie interne

(3) $$H = H_0 + \Sigma n_i (m_i - 1) h.$$

Si l'on suppose le polymère hétérogène, c'est-à-dire présentant une distribution de poids moléculaires $n_i = f(m_i)$; il s'agit de déterminer cette distribution et d'en déduire le poids moléculaire moyen en nombre. L'entropie du mélange est alors [5].

(4) $$\frac{S}{k} = \Sigma n_i ln\left[\frac{\gamma(\gamma-1)^{m_i-2}}{\sigma}\right] - \Sigma n_i ln\left(\frac{n_i}{N}\right) - N_0 ln\left(\frac{N_0}{N}\right) + \frac{\gamma}{2}\left(N - \frac{2}{\gamma}\Sigma n_i m_i\right) ln \frac{\left(N - \frac{2}{\gamma}\Sigma n_i m_i\right)}{N} + \Sigma n_i,$$

où N_0 est le nombre de molécules du solvant, γ le nombre moyen de voisins d'un segment de chaîne, σ le nombre de symétrie de la chaîne et

$$N = N_0 + nm = N_0 + \gamma.$$

On détermine la distribution d'équilibre en utilisant les procédés connus du calcul des variations, et l'on trouve les deux conditions suivantes :

(5a) $$-\frac{h}{kT}\Sigma \delta n_i - ln\left[\frac{\gamma N}{\sigma(\gamma-1)^2}\right]\Sigma \delta n_i + \Sigma ln\, n_i\, \delta n_i = 0,$$

(5b) $$\Sigma m_i \delta n_i = 0.$$

On en déduit

(6) $$-\frac{h}{kT} - ln\left[\frac{\gamma N}{\sigma(\gamma-1)^2}\right] + ln\, n_i + \alpha m_i = 0,$$

où α est une constante à déterminer à partir de la condition (2) en remplaçant les $\sum_i$ qui entrent dans le calcul par des $\int_0^\infty$, ce qui ne cause pas une erreur appréciable. On trouve

(7) $$\overline{m} = \sqrt{\left(\frac{\nu}{N}\right)\left[\frac{\sigma(\gamma-1)^2}{\gamma}\right]\exp\left(-\frac{h}{kT}\right)}$$

et

(8) $$n_i = \frac{\nu}{\overline{m}^2 \exp\left(-\frac{m_i}{\overline{m}}\right)}.$$

La formule (8) est identique à celle qui a été dérivée par P. V. Schulz [6] à partir de la cinétique de polymérisation en admettant que la chaîne croissante

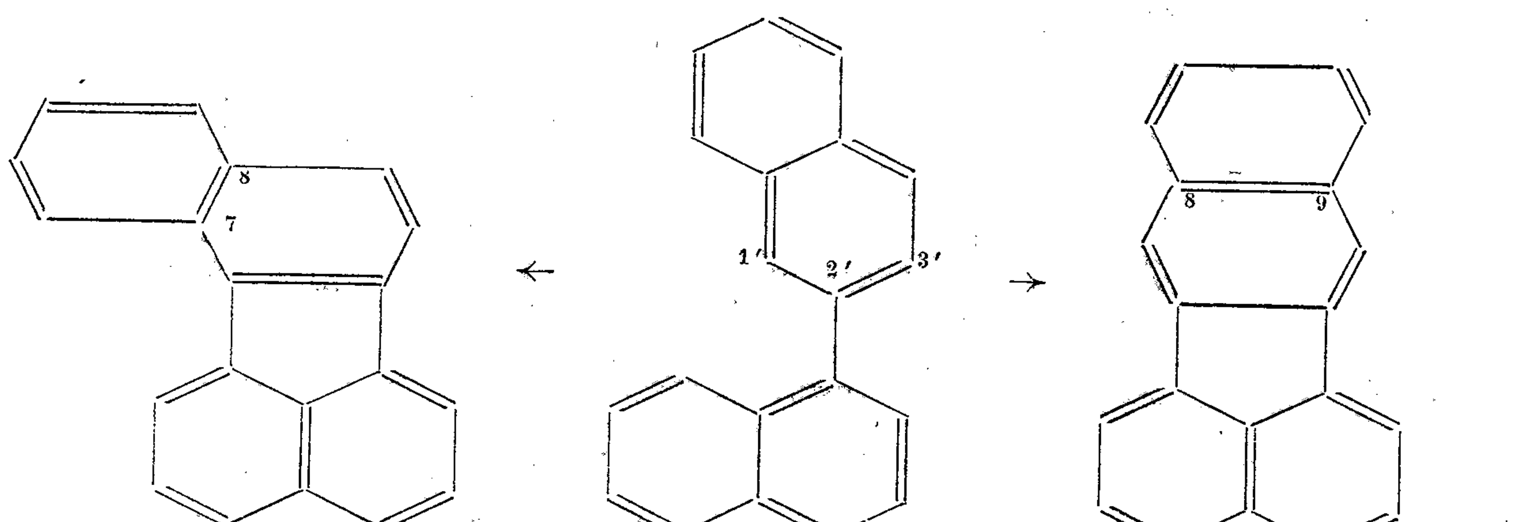
[6] *Z. Physik. Chem.*, B. 30, 1945, p. 379.

constitue un radical libre *simple*. Cet auteur a pu aussi confirmer expérimentalement que $\overline{m} \sim \sqrt{conc}$ comme l'exige la formule (7), et d'autre part il a été établi par plusieurs auteurs que log $\overline{m}$ est une fonction linéaire de 1/T ([7]).

Pour calculer la valeur absolue de $\overline{m}$ à l'aide de la formule (7), il faut connaître très exactement la chaleur de polymérisation, ce qui n'est généralement pas le cas. Nous avons donc effectué la vérification inverse et calculé h à partir de $\overline{m}$ pour le cas du méthacrylate de méthyle en posant $\sigma = 2$ et $\gamma = 3{,}57$ ([8]), et en adoptant pour $\overline{m}$ les valeurs de P. V. Schulz et E. Blaschke ([9]). On trouve pour h des valeurs comprises entre -10 et -13 kg/cal, valeurs conformes à celle de $-11{,}6$ kg/cal, mesurée directement par A. C. Evans et M. Polanyi ([10]).

CHIMIE ORGANIQUE. — *A propos des benzofluoranthènes de M. Orchin et L. Reggel.* Note ([1]) de MM. **Henri Moureu**, **Paul Chovin** et **Georges Rivoal**, présentée par M. Marcel Delépine.

Dans un Mémoire récent paru en mars de cette année et dont nous venons seulement d'avoir connaissance ([2]), M. Orchin et L. Reggel, en soumettant le 1.2'-dinaphtyle (I) à l'action d'un catalyseur chromo-alumine, obtiennent deux hydrocarbures isomères, qui ne peuvent être que les 7.8- et 8.9-benzofluoranthènes (II) et (III) formés par cyclo-déshydrogénation de (I).



(II) (I) (III)

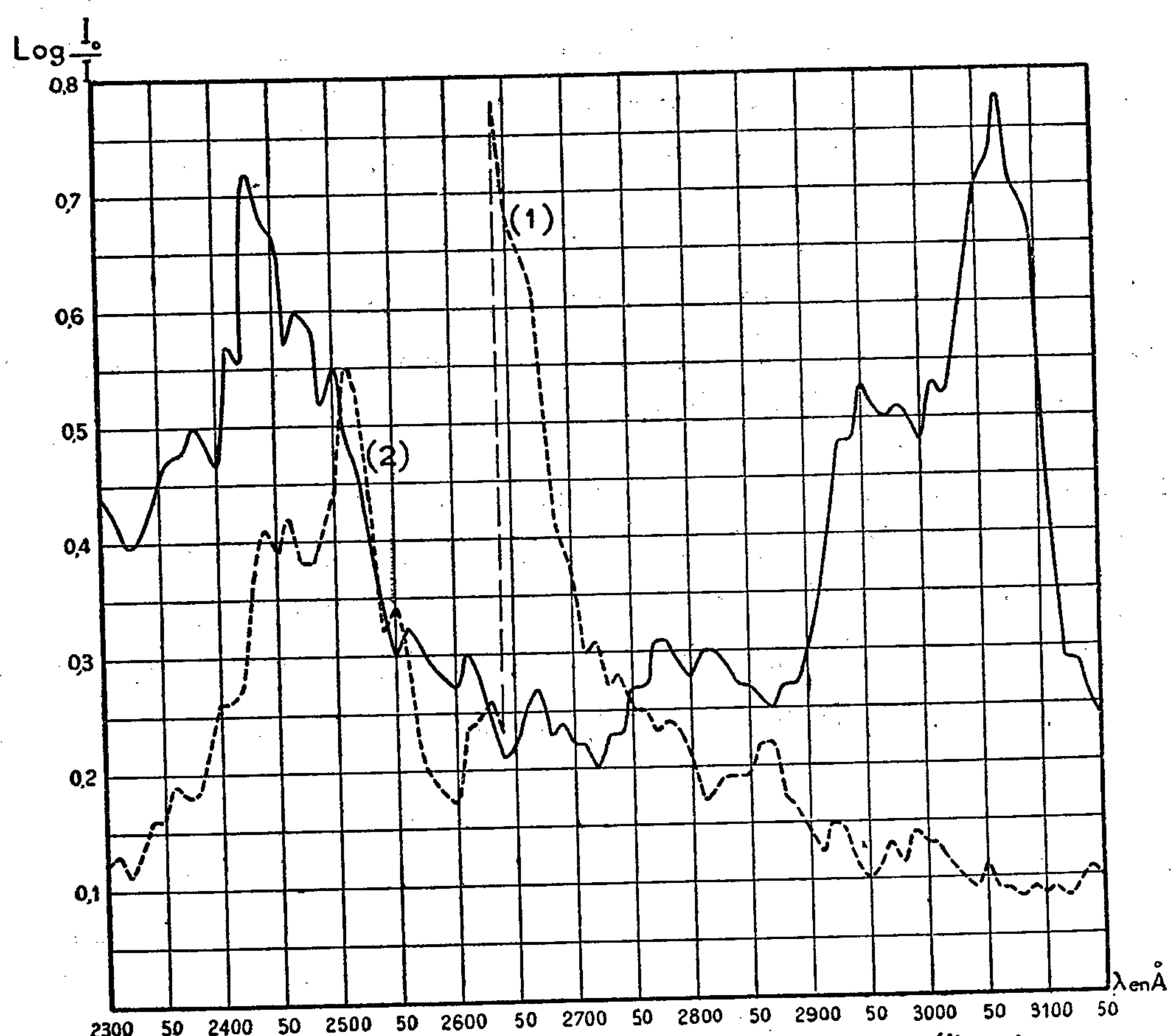
Les deux hydrocarbures fondent à 217-217°,4 et 166-166°,4. L'hydrocarbure à haut point de fusion semble se former en proportion prépondérante. Considérant que le sommet 1' est plus réactif que le sommet 3', les auteurs

(7) P. V. Schulz et E. Husemann, *Z. Physik. Chem.*, B. **36**, 1937, p. 184.
(8) M. L. Huggins, *Ann. N. Y. Acad. Sc.*, **43**, 1942, p. 1; *id.* **44**, 1945, p. 431; R. L. Scott, *Thèse*, Princeton, 1945, p. 106.
(9) *Z. Physik. Chem.*, B. **50**, 1941, p. 305.
(10) *Nature*, **152**, 1943, p. 738.

(1) Séance du 15 septembre 1947.
(2) *J. Am. Chem. Soc.*, **69**, 1947, p. 505.

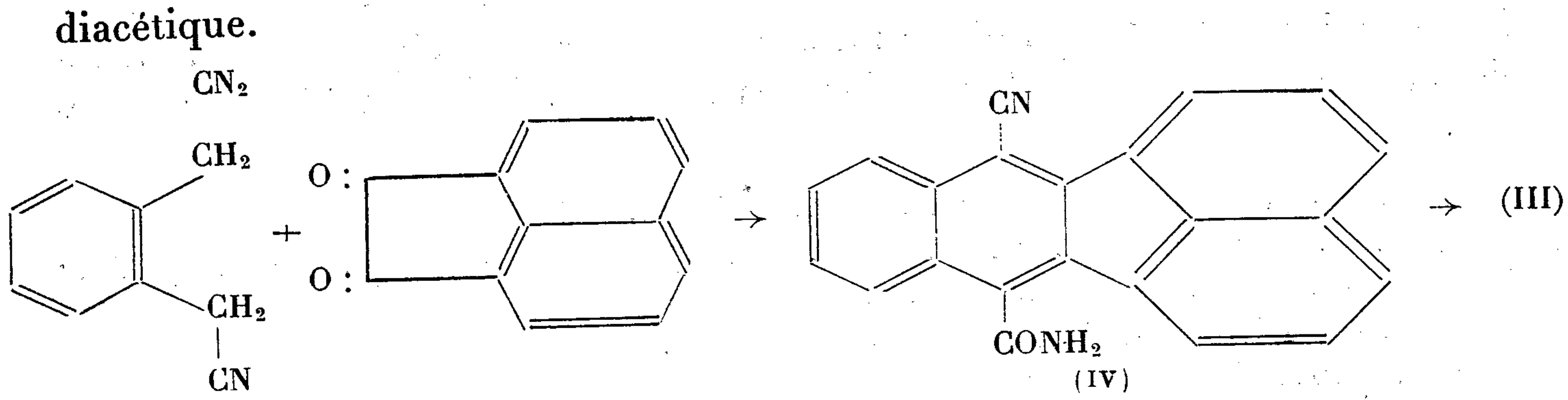
admettent, en faisant remarquer d'ailleurs qu'ils n'en apportent aucune preuve, que l'isomère à haut point de fusion doit avoir la structure (II).

Nos propres expériences nous mettent à même de préciser ce problème de structure. En effet, dans une Note datant de fin décembre 1946, parue ici même avant le mémoire américain, mais après sa rédaction, nous décrivions le 2.3.1'.8'-dinaphtylène, ou 8.9-benzofluoranthène ([3]). La méthode d'obtention ne laisse aucun doute sur sa constitution. Il résulte, en effet, de la



——— Absorption du dinaphtylène en solution dans l'alcool
(Concentration : 40 mg/l)
- - - - Absorption du pérylène en solution dans l'alcool
(1) Concentration : 40 mg/l
(2) " : 8 mg/l

saponification avec décarboxylation simultanée du nitrile-amide (IV) issu de la condensation de l'acénaphène quinone avec le dinitrile *o*-phénylène-diacétique.



([3]) *Comptes rendus*, 223, 1946, p. 951.

Or notre dinaphtylène se montre identique à l'isomère à haut point de fusion de Orchin et Reggel. En effet, nous avons indiqué pour point de fusion 215,5-216° et, de plus, le spectre d'absorption de notre carbure présente deux maxima nets à 2950 et 3070 Å, qui coïncident avec ceux de l'isomère à haut point de fusion, tels qu'on peut les lire sur le diagramme publié par les auteurs américains. Les bandes correspondantes de l'isomère à bas point de fusion sont décalées vers les grandes longueurs d'onde et se situent vers 3070 et 3180 Å; on ne risque pas de les confondre avec les précédentes, ce qui achève l'identification sans aucune ambiguïté.

Il en résulte donc qu'il faut inverser les structures proposées par les auteurs précités et considérer que l'isomère à haut point de fusion est le 8.9-benzofluoranthène, tandis que le corps à bas point de fusion est l'isomère 7.8.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Éthers et esters formés à partir du mésodichlorure diphénylanthracénique. Stéréoisomérie des mésoéthers.* Note (¹) de M. **Christian Pinazzi**, présentée par M. Marcel Delépine.

a. Le travail mentionné dans une précédente Note (²) a été continué par l'étude du mésodichlorure (I), corps dont la structure est celle d'un bischlorure de trityle. J'ai amélioré sa préparation à partir des quinols, en faisant agir à froid sur eux le chlorure d'acétyle ou le trichlorure de phosphore en léger excès et en présence de chloroforme. Le corps fond avec décomposition; sa fusion instantanée est à F 202-204° (F 183-185° d'après Bergmann) (³). Il possède une tendance marquée à la réduction en diphénylanthracène, même pour des actions qui ne sont pas spécialement réductrices. J'ai cherché à préparer par son intermédiaire les mésoéthers (II) et (III), déjà obtenus par éthérification directe des quinols (⁴); cette dernière réaction avait l'inconvénient de ne pouvoir être généralisée à tous les corps hydroxylés, par suite de l'emploi d'acide sulfurique comme catalyseur. Avec le dichlorure les possibilités semblaient plus larges. Les alcoolates alcalins essayés tout d'abord m'ont donné des mélanges de diéthers et de diphénylanthracène. Il est préférable de traiter directement par l'alcool : 1^g de dichlorure, 10^{cm^3} d'alcool anhydre, sont soumis à une agitation de 6 à 24 heures à froid. Pour certains alcools peu réactifs, il est nécessaire d'opérer à 55-60°. De toute façon l'action est lente, le dichlorure étant peu soluble dans le milieu. Le gaz chlorhydrique libéré doit être fixé, dans certains cas, par de la pyridine.

(¹) Séance du 23 juin 1947.

(²) *Comptes rendus*, **223**, 1946, p. 1150.

(³) A. Haller et A. Guyot, *Bull. Soc. Chim.*, 3ᵉ série, **31**, 1904, p. 800; C. K. Ingold et F. G. Marshall, *J. Chem. Soc.*, 1926, p. 3080; E. Bergmann et C. Blum-Bergmann, *J. Am. Chem. Soc.*, 1937, p. 1439.

(⁴) Ch. Dufraisse et J. Le Bras, *Bull. Soc. Chim.*, 5ᵉ série, **4**, 1937, p. 1037.

Voici la liste des alcools avec indication de la formule brute et du point de fusion des diéthers non décrits dans la Note précédente (²).

Alcools à chaîne normale. — Méthanol, éthanol, propanol-1, *n*-butanol-1, *n*-pentanol-1, alcool laurique ($C_{50}H_{68}O_2$, F_{inst} 111°). Les points de fusion des diéthers sont d'autant plus bas que les chaînes sont plus longues.

Alcools à chaîne ramifiée. — Isobutanol-1 ($C_{34}H_{36}O_2$, F_{inst} 250°), isopentanol-1, ($C_{36}H_{40}O_2$, F_{inst} 231°), tétrahydrogéraniol ($C_{44}H_{56}O_2$, F_{inst} 122°).

Alcools éthyléniques. — Alcool allylique ($C_{32}H_{28}O_2$, F_{inst} 261°); cinnamol ($C_{44}H_{36}O_2$ F_{inst} 240°); furylcarbinol ($C_{36}H_{28}O_4$, F_{inst} 245° avec décomposition).

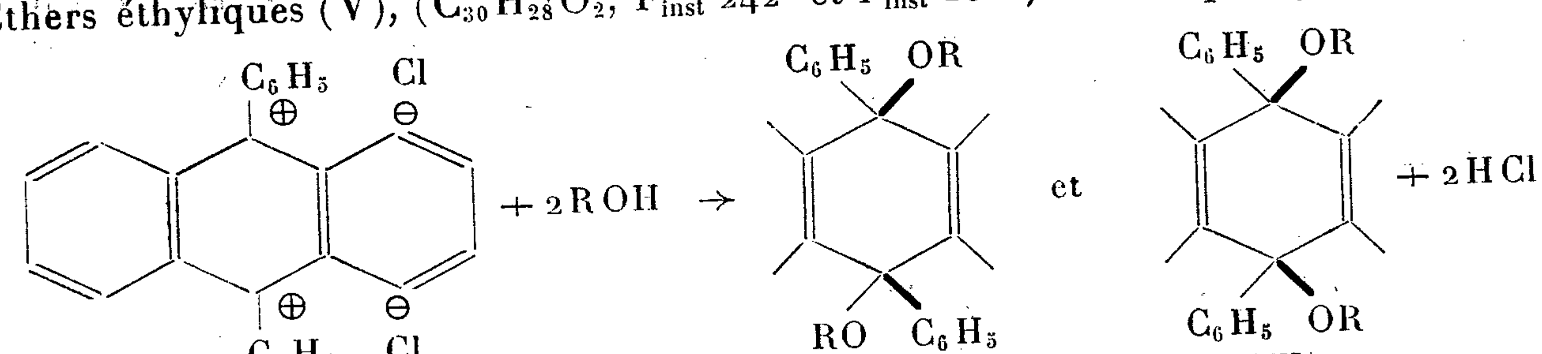
Alcools aromatiques. — Alcools benzylique, anisique, ($C_{42}H_{36}O_4$, F_{inst} 270°), phényléthylique primaire ($C_{42}H_{36}O_2$, F_{inst} 169°).

Le glycol ne donne pas de dérivé à cycle transannulaire que l'on aurait pu espérer; mais un diéther (VII) ($C_{30}H_{28}O_4$, F_{inst} 280°). La monochorhydrine et le glycol monométhylé donnent les diéthers correspondants ($C_{30}H_{26}O_2Cl_2$, F_{inst} 268° et $C_{32}H_{32}O_4$, F_{inst} 224°). Les alcools secondaires réagissent avec difficulté : Des éthers ont été obtenus avec le propanol-2, le butanol-2 ($C_{34}H_{36}O_2$, F_{inst} 204°), le cyclohexanol ($C_{38}H_{40}O_2$, F_{inst} 302°). Les alcools tertiaires, tertiobutanol, diméthyléthylcarbinol, tritanol n'ont pas donné d'éther. Le phénol donne le dérivé mésodiphénoxylé (IV).

L'ester acétique (VIII) ne se fait pas en traitant les quinols par l'anhydride acétique, le cétène ou le mélange chlorure d'acétyle-pyridine. On l'obtient par action de l'acétate d'argent sur le dichlorure : diester acétique ($C_{30}H_{24}O_4$ F_{inst} 294°). Le diester benzoïque se forme de même ($C_{40}H_{28}O_4$, F_{inst} 280°, avec décomposition).

b. J'ai cherché à obtenir les éthers stéréoisomères. Il m'avait d'abord paru logique d'envisager la préparation de ces éthers *cis* et *trans* à partir des quinols correspondants : de nombreux essais dans ce sens ont été vains. Il faut en conclure que dans l'éthérification avec les alcools, c'est l'hydroxyle du quinol qui s'élimine, comme ion négatif, avec un proton fourni par l'alcool et non pas l'inverse. Il en résulte intermédiairement une configuration plane, qui fixe l'alcoxyle indifféremment par une face ou l'autre du plan, la prédominance de l'une des configurations étant déterminée par les conditions expérimentales. En fait il se forme presque toujours un isomère prédominant, le même à partir des deux quinols et du dichlorure, sauf dans les trois cas ci-dessous, les quinols permettant alors de préparer l'un des isomères, et le dichlorure l'autre :

Éthers éthyliques (V), ($C_{30}H_{28}O_2$, F_{inst} 242° et F_{inst} 285°). Éthers phényléthyliques (VI)



(I) (II) (III)

(IV) R = —C_6H_5;
(V) R = —C_2H_5;
(VI) R = —$CH_2CH_2C_6H_5$;

(VII) R = —CH_2CH_2OH;
(VIII) R = —O—C(=O)—CH_3

($C_{42}H_{36}O_2$, F_{inst} 169° et F_{inst} 213 et 223°). Éthers diglycoxylés (VII), ($C_{30}H_{28}O_4$, F_{inst} 274° et F_{inst} 280°).

c. Les diéthers (II) et (III), traités par le chlorure d'acétyle ou le trichlorure de phosphore régénèrent rapidement le dichlorure, même à basse température. Ce résultat correspond à ce qui avait été observé par Gomberg ([5]) avec les éthers trityliques. Cette propriété m'a privé du moyen d'obtenir un chlorure-éther que je comptais former par estérification de l'hydroxyle du monoéther méthylique, corps préparé par synthèse directe. Par suite, j'ai dû renoncer à préparer la série des dérivés mixtes, accessibles seulement par l'intermédiaire du monochlorure.

PHYSIQUE ATMOSPHÉRIQUE. — *Sur la formation artificielle de la pluie*. Note ([1]) de MM. **Edmond Brun** et **Lucien Demon**, présentée par M. Gustave Ribaud.

1. Des expériences récentes ont montré que la pluie peut être obtenue en projetant de la neige carbonique dans les nuages d'eau surfondue ([2]). Nous avons analysé ce phénomène de coalescence en opérant sur des brouillards artificiels formés dans une grande cuve de 1^m^,7 de diamètre et de 3^m^ de hauteur.

Ces brouillards, abandonnés à eux-mêmes, ne disparaissent qu'au bout de vingt minutes. Si, dès qu'on les a formés, on projette un peu de neige carbonique au sommet de la cuve, on constate, d'abord, une opacité plus grande du brouillard (première minute), puis des scintillations qui caractérisent l'existence de cristaux de glace (deuxième et troisième minutes). A partir de la quatrième minute, l'atmosphère s'éclaircit, tandis que tombent des flocons de neige; à la cinquième minute, le brouillard a disparu.

On peut penser que les gouttelettes d'eau surfondue touchées par les particules de neige carbonique se solidifient, ce qui occasionne, dès l'abord, une opacité plus grande du brouillard. Les cristaux se développent ensuite au fur et à mesure qu'ils entrent en contact avec d'autres gouttes en surfusion, puis ils se groupent de plus en plus facilement en flocons et le balayage de la cuve se produit alors rapidement.

Moins d'un dixième de centimètre cube de neige carbonique suffit à provoquer la disparition des six mètres cubes de brouillard que contient la cuve et, d'après l'explication donnée plus haut, on peut prévoir qu'il ne faudrait pas une

([5]) M. Gomberg et G.-T. Davis, *Ber. d. Chem. Gess*,, 36, 1903, p. 3324.

([1]) Séance du 15 septembre 1947.

([2]) E. B. Kraus et P. Squires, *Nature*, 12 avril 1947, p. 489.

quantité plus grande de neige carbonique pour dissiper une colonne de brouillard plus élevée, le temps de dissipation ne devant pas augmenter notablement quand la hauteur s'accroît.

La rapidité d'évolution est d'autant plus grande que la température, toujours inférieure à zéro degré, est plus basse (expériences effectuées entre 0° C. et — 10° C.). L'échec de certaines tentatives récentes effectuées sur des nuages naturels est dû probablement à la température trop élevée des nuages.

2. Ces résultats étayent la théorie de la pluie de Findeisen. D'après cet auteur, en général, les précipitations se forment d'abord sous forme de neige, et c'est en traversant l'isotherme zéro que les flocons de neige donnent les gouttes d'eau de pluie, celles-ci ne se formant pas, en général, par coalescence directe des gouttelettes de brouillard.

3. Il est probable qu'en absence d'orage, la pluie se produit habituellement suivant le processus décrit par Findeisen. Cependant, en traversant un nuage à température positive, au cours d'une ascension rapide en téléphérique, nous avons pu constater, qu'il pleuvait sous le nuage; qu'à la base du nuage, les gouttelettes étaient plus fines et, qu'au-dessus du nuage, il n'y avait plus de précipitation.

Il reste donc possible de provoquer la coalescence d'un brouillard à température positive, puisqu'une telle coalescence se produit dans la nature.

BIOLOGIE. — *Des biocénoses des Palmiers.*

Note de M. **Pierre Lepesme**, présentée par M. Auguste Chevalier.

Traiter des biocénoses offertes par une famille végétale qui ne comprend pas moins de 236 genres et près de 3000 espèces, apparaît, même si l'on se limite au peuplement entomologique, comme une entreprise hasardeuse et pleine de prétention. Seule, la très grande homogénéité des milieux offerts par les Palmiers nous a permis de la réaliser ([1]), car il est permis d'affirmer que ces Monocotylédones constituent une unité biocénotique remarquable, rarement observée dans d'autres groupes végétaux. Le stipe, la couronne, les palmes et les *cuvettes axillaires* formées par les bases des rachis créent, en particulier, autant de microclimats qui attirent des éléments parallèles, sinon semblables, sur les Palmiers hygrophiles de la forêt dense tropicale et sur les Palmiers xérophiles des déserts. En dehors des Insectes dont la présence sur ces essences est essentiellement liée au facteur trophique, à la constitution biochimique de

(1) *Les Insectes des Palmiers*, par P. Lepesme, avec le concours de J. Ghesquière et la collaboration de J. Bourgogne, E. Cairaschi, R. Paulian et A. Villiers, 1 vol. cart., 904 p., 638 fig., Paris, 1947.

la plante (*hôtes primordiaux*), il est en effet des formes dont les liens avec la plante sont surtout ou purement de nature physique (*hôtes secondaires*); pour les uns, à régime généralement saproxylophage (Dynastines, Calandrines, Cossonines), le facteur trophique et les facteurs microclimatiques agissent corrélativement sans qu'il soit possible de les dissocier; les autres, à régime très variable, sont presque tous des hygrophiles pour lesquels les caractères physiques du micromilieu comptent seuls. Il est particulièrement remarquable de trouver parmi ces derniers non seulement des palmicoles stricts, mais même des formes inféodées à un genre de Palmier, presque tous semi-aquatiques d'ailleurs.

D'une façon générale, l'inféodation des Insectes aux Palmiers est en effet plus ou moins lâche, et l'on peut distinguer :

1° des espèces *exclusivement palmicoles,* comprenant des hôtes primordiaux et des hôtes secondaires et dont certaines (*monogénobies*) sont même inféodées à un genre de Palmiers, alors que d'autres vivent sur plusieurs genres (*polygénobies*);

2° des espèces *facultativement palmicoles* qui, tout en étant des hôtes très réguliers des Palmiers, se retrouvent sur d'autres essences généralement monocotylées : Graminées, Musacées, Zingibéracées, etc., mais aussi dicotylées;

3° des espèces *accidentellement palmicoles,* capturées par les Palmiers à la limite ou en dehors de leur aire de dispersion normale, cas de la plupart des formes observées sur les Palmiers de serre, cas aussi de beaucoup de plantations créées de toute pièce par l'homme.

L'homme a modifié considérablement l'aire de dispersion de certains Palmiers (Cocotier, Palmier à huile, Dattier) et secondairement leur biocénose; l'origine de quelques-uns est même très discutée. L'analyse de leur biocénose entomologique nous fournit des renseignements intéressants à ce sujet. Ainsi l'*Elaeis guineensis* Jacq. héberge en Afrique des formes à la fois très spécialisées et très localisées (*Prosoestus*, *Platygenia*, *Pimelephila*); si l'on ajoute que 23 % des espèces connues sur ce Palmier dans le massif sylvestre ouest-africain lui sont strictement inféodées, alors que le même pourcentage est négligeable en Amérique du Sud, aucun doute n'est possible quant à l'origine africaine de ce Palmier.

Pour le Cocotier, les faits sont moins nets. Le pourcentage de spécifiques est de 47 % en Mélanésie, 20 % en Amérique et 3,6 % en Afrique, chiffres tout en faveur d'une origine mélanésienne des *Cocos*, mais la moindre importance des phénomènes de capture en Mélanésie où le Cocotier constitue l'essentiel de la flore arborée et où il n'existe pas, comme en zone néotropicale, d'espèces affines de Palmiers, pourrait expliquer en partie la faiblesse du pourcentage américain. On peut s'étonner de n'observer que 23 % de spécifiques sur les *Elaeis* africains, alors que les *Phoenicophorium* des Seychelles révèlent 64 % de

spécifiques (et 86 % d'exclusivement palmicoles); l'endémisme insulaire général des Seychelles suffirait à lui seul à expliquer de tels chiffres.

Au total, la biocénose entomologique des Palmiers comporte deux éléments bien distincts : un élément très ancien inféodé aux Palmiers, dont l'inféodation a précédé la fragmentation systématique et qui a évolué ensuite parallèlement à la plante, donnant naissance à des formes spécifiques ultra-spécialisées telles que les *Prosoestus*, et un élément parfois aussi ancien et alors à très vaste dispersion ou plus récent et plus localisé, lié aux phénomènes de capture et pour lequel la dispersion actuelle des Palmiers intervient plus que la dispersion dans le passé; si ce dernier élément n'offre guère d'intérêt biogéographique, son importance économique est en revanche considérable, non seulement pour les Palmiers, mais pour les autres essences, Monocotylédones surtout, qui peuvent le capturer à leur tour.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur les pigments biliaires des coquilles de Mollusques du genre* Turbo. Note de M. **René Tixier**, présentée par M. Maurice Javillier.

C. F. Krukenberg (1) signalait, en 1883, la présence de pigments biliaires dans les coquilles de Mollusques des genres *Haliotis*, *Turbo* et *Trochus*. Les résultats de cet auteur étaient confirmés plus tard par F.-N. Schulz (2). Depuis, des recherches ont été entreprises sur les substances rouge ou bleu vert de diverses espèces d'*Haliotis*, afin de montrer la parenté de ces biochromes avec les pigments biliaires (3), (4), (5), (6). Aucun de ces pigments n'avait cependant été obtenu à l'état cristallisé et, si leur parenté avec les bilirubinoïdes semblait probable, leur constitution chimique exacte était inconnue.

Ayant pu nous procurer quelques coquilles de diverses espèces de *Turbo*, nous avons employé, pour extraire et purifier les pigments, la technique déjà utilisée pour les biochromes tétrapyrroliques (7).

30 coquilles (environ 5^{kg}) de *Turbo regenfussi* sont traitées par 8^{l} d'alcool méthylique chlorhydrique à 13 %. La solution verte est traitée par fractions de 2^{l}; chaque fraction étant additionnée de 500^{cm^3} de chloroforme, puis d'eau distillée jusqu'à formation d'un trouble blanchâtre. Au cours de la neutralisation à l'aide de bicarbonate de sodium, le

---

(1) *Centralbl. d. Med. Wissensch.*, 44, 1883, p. 785.
(2) *Zeitschr. f. allg. Physiol.*, 3, 1904, p. 91.
(3) T. Kodzuka, *The Tohuku Journ. of experimental medicine*, 2, 1921, p. 287.
(4) Ch. Dhere et C. Baumeler, *Arch. int. Physiol.*, 32, 1930, p. 55.
(5) F.-N. Schulz et M. Becker, *Biochem. Zeitschr.*, 236, 1931, p. 99.
(6) R. Lemberg, *Zeitschr. f. Physiol. Chemie*, 200, 1931, p. 173.
(7) R. Tixier, *Ann. Inst. Océan.*, 22, 1945, p. 343.

chloroforme se sépare en entraînant les pigments. La couche chloroformique est lavée avec du bicarbonate de sodium à 5 % qui décompose les chlorhydrates formés en milieu acide sans enlever les pigments biliaires estérifiés. Finalement les solutions chloroformiques réunies sont déshydratées par le sulfate de sodium anhydre.

Après filtration, la solution chloroformique est évaporée à sec et le résidu repris par un mélange à volumes égaux de chloroforme et d'éther. La solution éthéro-chloroformique est filtrée sur une colonne d'alumine qui fixe les pigments bleu vert dans sa portion supérieure. Le chromatogramme est ensuite développé à l'aide de chloroforme. Une première zone bleu pâle se détache, suivie d'une zone principale bleu foncé. Lorsque la zone bleue principale atteint le bas de la colonne d'alumine, nous recueillons la solution bleue qui filtre. Par évaporation de cette solution, le pigment cristallise sous forme de prismes bleu foncé réunis en houppes. Ce pigment est rechromatographié sur alumine, puis recristallisé dans un mélange de chloroforme et d'acétate d'éthyle.

Nous obtenons ainsi 20^{mg} de pigment à l'état d'ester méthylique. Ce pigment, que nous nommons *turboglaucobiline*, est très soluble dans le chloroforme, moins soluble dans l'acétate d'éthyle et l'alcool méthylique, très peu soluble dans l'éther, insoluble dans l'éther de pétrole. Son point de fusion (au bloc Maquenne) est 205°-206°. L'analyse élémentaire s'accorderait avec la formule $C_{37}H_{46}O_{12}N_4$; calculé : C % 60,19; H % 6,27; N % 7,58; trouvé : C % 59,12 et 59,13; H % 6, 19 et 6,26; N % 7,52. Cette formule est voisine de celle de l'ester méthylique de la coproglaucobiline $C_{39}H_{46}O_{10}N_4$, dont les teneurs en éléments sont : C % 64,08; H % 6,35; N % 7,67; OCH_3 % 16,99. La teneur en OCH_3 de la turboglaucobiline serait de 18,8 %.

Le spectre d'absorption de la solution chloroformique présente, dans l'ultraviolet, deux bandes, l'une principale située à λ 378 mμ, l'autre à λ 307 mμ. La position du maximum de la bande principale est intermédiaire entre les positions des maxima des bandes principales des esters méthyliques de la biliverdine (λ 384 mμ), et de la glaucobiline (λ 363 mμ). Par ailleurs, les deux bandes d'absorption secondaires très faibles de la biliverdine et de la glaucobiline sont remplacées par une seule bande très nette. L'allure de la courbe d'absorption dans le spectre visible est comparable à celle des esters méthyliques de la biliverdine et de la glaucobiline; cependant le maximum d'absorption situé à λ 655 mμ est intermédiaire entre celui de la biliverdine λ 665 mμ et de la glaucobiline λ 640 mμ. Le spectre d'absorption du sel complexe de zinc oxydé par l'iode de la turboglaucobiline présente deux maxima, l'un principal à λ 635 mμ, l'autre secondaire à λ 585 mμ. Le maximum principal de la biliverdine se situe dans ces conditions à λ 640 mμ et celui de la glaucobiline à λ 627 mμ.

La turboglaucobiline présente toutes les propriétés des bilirubinoïdes possédant, comme la biliverdine, une constitution fondamentale bilitriène (couleurs et spectres des solutions, test de Gmelin et réaction iodo-zincique). Ce pigment a été également isolé par chromatographie des coquilles de *Turbo marmoratus* et *T. elegans*.

C'est la première fois qu'un pigment biliaire ne dérivant pas de la protoporphyrine, mais possédant une constitution chimique voisine de celle de la coproglaucobiline, a pu être isolé d'un organisme animal.

MICROBIOLOGIE. — *Sur les propriétés antibiotiques de* Tuber melanosporum *Vitt.* Note [1] de M. **Jean Jacquet**, présentée par M. Auguste Chevalier.

Dans une Note récente, J. Chaze [2] a montré que les cultures du mycélium truffier, obtenues suivant un procédé décrit par lui-même et Mastas [3], étaient capables de faire cesser la prolifération, puis de faire reculer la densité optique jusqu'à clarification totale de cultures bactériennes, faites en milieu liquide à partir de très fins fragments de terre truffière. L'antibiose n'est pas parfaite puisque l'âge n'est pas indifférent : il faut des souches de 10 à 20 jours; plus tôt, ce sont les microbes qui détruisent le mycélium. Enfin, la liste des germes du sol, sensibles à l'action bactéricide du champignon, n'a pas été publiée. Il m'a paru intéressant de superposer à l'action ainsi démontrée d'un mycélium végétatif de culture, celle que pouvait avoir le tubercule lui-même tel qu'il se présente dans la nature [4].

J'ai utilisé la technique de Fleming [5], soit en appliquant, sur les cultures de germes étudiés, des broyats préparés à froid dans l'eau physiologique de tubercules très récemment récoltés, soit en coulant perpendiculairement aux stries d'ensemencement, dans une rigole d'où la gélose nutritive ordinaire avait été enlevée, de la gélose à l'extrait de truffe.

Je n'ai observé aucune trace d'antibiose vis-à-vis des germes pathogènes ci-dessous dont la croissance n'est nullement entravée : b. tuberculeux (variété humaine, bovine, aviaire); b. diphtérique, staphylocoque pyogène et streptocoque hémolytique d'origine humaine, streptocoque de la mammite des bovidés, entérocoque; b. pyocyanique, colibacilles d'origines humaines et animales variées; b. d'Eberth et paratyphique A d'origine humaine, paratyphiques B d'origines humaines et animales diverses; b. de Gaertner; b. d'Ærtrycke, *Pasteurella suis*; b. de Bang, *Proteus vulgaris*, *Pr. O X* 19. Bien plus, tous les extraits ou tous les fragments de truffe ont donné naissance aux points où ils avaient touché le milieu, à des colonies de champignons

---

(1) Séance du 15 septembre 1947.

(2) *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 491.

(3) *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 2099.

(4) Les essais ont été commencés en décembre 1946, au Laboratoire des Etablissements Vialars à Villefranche-de-Rouergue et continués au Laboratoire de Bactériologie du Calvados à Caen.

(5) *Lancet*, 242, 1942, p. 732.

(*Penicillium glaucum, Aspergillus glaucus, Mucor mucedo*) ou de bactéries diverses des types *Micrococcus luteus, Sarcina lutea, Flavobacterium diffusum, Pseudomonas putida, P. striata, Achromobacter formosum*, etc. Par conséquent, non seulement les tubercules de truffe, à leur époque de maturité (fin décembre), ne présentent pas d'antagonismes contre les germes morbides énumérés, mais encore, ils sont eux-mêmes envahis par des moisissures ou des bactéries banales provenant du sol. En revanche, écrasés dans l'eau physiologique, ils inhibent parfaitement la germination en boîtes de Pétri des caryopses de blé, d'avoine, d'orge.

Les extraits filtrés sur bougie Chamberland L_3 présentent cette même propriété. Les uns et les autres n'empêchent pas l'apparition des moisissures (*Mucor mucedo* notamment) qui attaquent plus ou moins vite les graines. L'eau de lavage des tubercules intacts et de la terre qui les environne rend, elle aussi, impossible la germination des graminées. Mais, il est beaucoup plus difficile de montrer que le filtrat sur bougie de l'eau qui a lavé le sol truffier est doué du même pouvoir : l'antibiose est alors très atténuée. Il est possible que la substance soluble qui diffuserait hors du champignon pour agir à distance, reste adsorbée sur les particules de terre et ne soit plus filtrable, comme le principe antibiotique du colibacille isolé de l'eau de mer par C. Zo Bell (6) et qui reste fixé sur les bougies de porcelaine, le charbon, la terre de diatomées, la bentonite. Quoi qu'il en soit, la truffe, dans ces essais, n'agit que par inhibition sans destruction : tous les caryopses restés non germés, même pendant deux mois, pourvu qu'ils n'aient pas été détruits par les moisissures ou les bactéries de la putréfaction, poussent ensuite, lorsqu'ils sont soustraits à l'imprégnation par les extraits, puis lavés et remis en milieu humide. Cette particularité rappelle singulièrement l'effet de l'eau de mer sur les caryopses de certains halophytes tel que je l'ai établi sur *Spartina Townsendi* (7).

En conclusion, le passage dans la terre d'une *tubérine* expliquerait la dénudation totale du sol si étendue et si caractéristique des truffières. Elle semble spécifique de l'espèce *T. melanosporum* puisque l'on peut récolter tout à côté d'autres tubéracées telles que *T. bituminatum* Bk. et Br., en des zones où l'herbe pousse parfaitement. En outre, il y a lieu de dissocier l'activité antibiotique si puissante de la truffe comestible sur les végétaux supérieurs herbacés ou sous-frutescents, qui disparaissent spontanément sur le terrain, de l'action sur les microorganismes, limitée à certaines espèces seulement. En tout cas, le manque d'activité des tubercules mûrs sur les germes de

---

(6) *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.*, 34, 1636, p. 113.

(7) *Spartina Townsendi* H. et J. Groves; 1881; *Anatomie, Répartition géographique, Écologie* (Thèse Dr ès Sciences, Paris, 1947, et *Recherches écologiques sur le littoral de la Manche*, 1 vol., Paris (en cours d'impression).

maladies laisse quelque doute quant aux possibilités d'utilisation thérapeutique. Enfin, l'assimilation de la dénudation du sol dans la nature autour du champignon à la valeur antibiotique sur les microbes pathogènes, qui a conduit A. Hollande [8] à la découverte de la clitocybine, ne semble pas une règle absolue en mycologie.

La séance est levée à $15^h 50^m$.

A. Lx.

ERRATA.

(Séance du 30 juin 1947.)

Note de M^{lles} *Éliane Le Breton* et *Yvonne Moulé*, Recherches sur la constitution et la toxicité de la ricine pure :

Page 152, 17^e ligne, *au lieu de* $12^g,7$, *lire* $8^g,6$.

---

(8) *Comptes rendus*, **221**, 1945, p. 361.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 29 SEPTEMBRE 1947.

PRÉSIDENCE DE M. LOUIS BLARINGHEM.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

MÉCANIQUE CÉLESTE. — *Sur la transformation, en satellites permanents de la Terre, de mobiles issus de la surface du Globe.* Note (¹) de M. **Ernest Esclangon.**

Nous avons montré (²) qu'un projectile, lancé de la surface du Globe et abandonné à sa propre inertie, ne pouvait, quelle que soit sa vitesse initiale (compte tenu de la résistance de l'air), devenir un satellite permanent de la Terre. Ce résultat ne pourrait être obtenu que si le projectile comportait, sur une partie de son parcours, un moyen de propulsion propre. Ce dernier point appelle quelques précisions d'ordre général.

Tout d'abord, il est clair qu'un satellite permanent de la Terre doit avoir la totalité de son orbite en dehors de l'atmosphère sensible, laquelle aurait, sans cela, pour effet de réduire progressivement la distance périgée et d'entraîner finalement la chute sur le sol.

Soit ρ le rayon, compté à partir du centre de la Terre, correspondant à la limite de l'atmosphère (³). Tout projectile qui, abordant la limite ρ, est à ce moment abandonné à sa seule inertie, ne peut être satellite permanent, car, ou bien il s'éloignera indéfiniment (orbite hyperbolique), ou bien, si l'orbite est elliptique, celle-ci comportera un trajet aérien qui diminuera graduellement la distance périgée et provoquera la chute sur le sol (⁴). Ce n'est donc qu'au delà de la sphère de rayon ρ, que peut devenir efficace la propulsion propre du projectile; arrêtée en deçà, elle est, de ce point de vue, inopérante.

(¹) Séance du 22 septembre 1947.

(²) *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 161.

(³) Cette limite est évidemment assez imprécise. Il faut ici que la résistance de l'air puisse être considérée comme négligeable, ce qui dépend à la fois de la densité de l'air, de la masse, du volume et de la forme du projectile. Dans tous les cas, son altitude doit être considérée comme de l'ordre de plusieurs centaines de kilomètres.

(⁴) Sauf le cas exceptionnel où la vitesse sur la sphère ρ serait tangente à cette dernière.

Supposons, au delà de l'atmosphère, une force de propulsion dirigée suivant la vitesse. Les formules que nous avons données dans la Note précitée [2] restent applicables. La quantité λ qui caractérisait la résistance de l'air définit maintenant la force propulsive, mais λ est alors négatif, et la distance périgée p de la trajectoire keplérienne osculatrice est *croissante*, croissante tant que dure la propulsion. Elle peut donc, à un certain moment, devenir supérieure à ρ; si la propulsion est arrêtée dans ces conditions et si l'orbite est elliptique, le projectile est devenu réellement satellite permanent de la Terre.

Un cas qui peut être rapproché du précédent est celui d'un projectile lancé de la surface du globe et qui, à un certain point M de son parcours, mais au delà de la sphère de rayon ρ, éclaterait en dispersant des fragments dans des directions diverses ou imposées (projectile-canon par exemple). Certains de ces fragments pourront-ils devenir satellites permanents? Il n'y a, à cela, aucune impossibilité, car l'éclatement ou la projection secondaire, en modifiant les vitesses absolues des ou du fragment, modifient les distances périgées, qui, primitivement inférieures à ρ, peuvent ainsi lui devenir supérieures.

Prenons le cas, par exemple, d'un projectile-canon, projetant dans la direction de sa vitesse, un projectile secondaire, lequel subit ainsi brusquement un accroissement de vitesse absolue. La distance périgée correspondante p est elle-même brusquement augmentée [5]; si elle dépasse ρ, le projectile secondaire devient satellite permanent à la condition que son orbite soit elliptique.

Si M est la position du projectile secondaire au moment de sa projection, r sa distance OM au centre O de la Terre ($r > \rho$), v sa vitesse, φ l'angle de cette vitesse avec le rayon vecteur OM, la distance périgée p, μ désignant le coefficient d'attraction de la Terre, est donnée par

$$(1)\qquad p = \frac{\mu(1-e)}{\dfrac{2\mu}{r} - v^2} = r\sin^2\varphi\,\frac{v^2 r}{\mu(1+e)};\qquad e = +\sqrt{1 - \frac{v^2 r^2}{\mu^2}\left(\frac{2\mu}{r} - v^2\right)\sin^2\varphi}.$$

Pour que la trajectoire soit une ellipse, dont la distance périgée soit supérieure à ρ, il faut que l'on ait simultanément

$$(2)\qquad v^2 < \frac{2\mu}{r},\qquad p > \rho;$$

([5]) Les variables r et φ étant supposées fixes, p est une fonction croissante de v. Si l'on pose $v^2 = u$, on a, en effet,

$$e\left(\frac{2\mu}{r} - u\right)^2 \frac{dp}{du} = \mu(1+e) - ur\sin^2\varphi = \frac{u^2 r^2 \sin^2\varphi \cos^2\varphi}{-\mu(1-e) + ur\sin^2\varphi}.$$

Les quantités $\mu(1+e) - ur\sin^2\varphi$ et $-\mu(1-e) + ur\sin^2\varphi$ ont donc le même signe, par conséquent celui de leur somme $2\mu e$, c'est-à-dire le signe *plus*. La dérivée dp/du est *positive*; *p croît* avec v; égal à zéro pour $v = 0$, égal à $r\sin^2\varphi$ pour $v^2 = 2\mu/r$, et à $r\sin\varphi$ pour $v = \infty$.

si $v^2 < 2\mu/r$, la quantité $v^2 r/\mu(1+e)$ est inférieure, au plus égale, à l'unité, de sorte que $p < r\sin^2\varphi$. Pour que p puisse être supérieur à ρ, il faut donc, comme première condition nécessaire, que ρ soit inférieur à $r\sin^2\varphi$, ce qui entraîne aussi, *a fortiori*, $\rho^2 < r^2\sin^2\varphi$. La discussion montre ensuite que les conditions (2) se traduisent finalement, sous la condition préalable $\rho < r\sin^2\rho$, par la double inégalité

$$\frac{2\mu}{r}\,\frac{\rho(r-\rho)}{(r^2\sin^2\varphi-\rho^2)} < v^2 < \frac{2\mu}{r}. \tag{3}$$

Si r, tout en étant supérieur à ρ, reste du même ordre de grandeur, les limites permises pour l'angle φ sont assez étroites, puisqu'on doit avoir $\sin^2\varphi > \rho/r$, et voisines de 90°. Dans ces limites, le facteur $\rho(r-\varphi)/(r^2\sin^2\varphi-\rho^2)$ est compris entre *un*, pour $\sin^2\varphi = \rho/r$, et $\rho/\rho+r$, c'est-à-dire sensiblement 1/2, pour $\varphi = 90°$; de sorte qu'en désignant par V la vitesse parabolique, $V=\sqrt{2\mu/r}$, peu éloignée de 10 km/s si l'altitude correspondant à r est de l'ordre de un à quelques milliers de kilomètres, la vitesse v reste comprise entre $V/\sqrt{2}$ et V, mais ces limites se resserrent considérablement si φ se rapproche de sa limite inférieure définie par $\sin^2\varphi = \rho/r$.

Même avec l'hypothèse de possibilités balistiques suffisantes, la réalisation de ces diverses conditions semble devoir rester très délicate. Il s'agit, en effet, de combiner exactement les données de la projection initiale à la surface du sol et de la propulsion consécutive pour obtenir, après la traversée de l'atmosphère, un état cinématique assez strictement limité, tout au moins si le but à atteindre est la réalisation de satellites rapprochés de la Terre.

BIOCHIMIE THÉRAPEUTIQUE. — *Production de substances antibiotiques par les actinomycètes et spécialement de la streptomycine*. Note (1) de M. **Selman A. Waksman**.

Le groupe de microorganismes connu sous le nom d'actinomycètes est caractérisé par sa propriété de pouvoir produire un grand nombre de substances *antibiotiques*, c'est-à-dire capables d'inhiber la croissance et même de détruire d'autres microorganismes, en particulier divers champignons, actinomycètes et bactéries. Plus de 25 antibiotiques différents ont déjà été isolés de ces microorganismes, en particulier dans les laboratoires du département de Microbiologie de la New-Jersey Station. Parmi les plus importants sont l'*actinomycine*, la *streptothricine* et la *streptomycine*, la première étant la plus toxique pour les tissus animaux et la dernière étant la moins toxique. C'est pourquoi seule la streptomycine a jusqu'ici reçu une application étendue en chimiothérapie.

La streptomycine est un antibiotique typique. Elle agit sur certaines bactéries et non sur d'autres. Elle a peu d'effet sur les champignons et les virus.

(1) Séance du 1er septembre 1947.

Parmi les bactéries, les plus sensibles à son action sont celles qui sont gram-négatives, telles que *Escherichia Coli*, *Eberthella typhosa*, *Shigella dysenteriæ*, *Hemophilus influenzæ*, *Pseudomonas æruginosa* et beaucoup d'autres, aussi bien que des bactéries gram-positives, comprenant les organismes acidorésistants, dont le plus important est *Mycobacterium tuberculosis*.

La streptomycine est produite seulement par certaines variétés de *Streptomyces griseus* ainsi que par une variété d'une autre espèce de *Streptomyces*. Certains dérivés de la streptomycine ont été aussi isolés de cultures de *S. griseus*, en particulier la streptomycine B; d'autres ont été produits au laboratoire, tels que la dihydrostreptomycine.

La streptomycine a maintenant trouvé une application étendue dans le traitement d'un grand nombre d'infections, parmi lesquelles les plus importantes sont des maladies causées par diverses bactéries gram-négatives, des infections causées par des bactéries gram-positives qui résistent à la pénicilline et aux médicaments sulfamidés et des infections tuberculeuses. C'est la première fois dans l'histoire de la tuberculose que l'on rencontre un médicament pouvant être utilisé pour le traitement chimiothérapeutique de cette maladie. L'emploi de la streptomycine connaît toutefois certaines limites, dont la plus importante est due au développement de la résistance de l'organisme contre le médicament lors d'une administration prolongée. Il reste à déterminer si la solution de ce problème peut être obtenue par la découverte de nouveaux agents antituberculeux ou de substances agissant en synergie avec la streptomycine.

CORRESPONDANCE.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les changements des signes des termes d'une série à termes complexes.* Note (1) de MM. **Arye Dvoretzky** et **Hanani Chojnacki**, présentée par M. Jacques Hadamard.

1. C'est un résultat très simple et bien connu qu'on peut changer les signes des termes d'une série (divergente) *réelle* dont le terme général tend vers zéro, de manière que la série obtenue soit convergente. Par contre, le problème analogue pour les séries à termes *complexes* n'est pas si simple, car on a besoin de s'y occuper à la fois de deux séries réelles.

Cependant le résultat qu'on vient de rappeler sur les séries réelles reste vrai pour les séries complexes, et on a le théorème suivant :

Théorème (2). — *Soit* $\sum_{n=1}^{\infty} a_n$ *une série (divergente) quelconque à termes complexes*

(1) Séance du 15 septembre 1947.

(2) Nous possédons ce théorème depuis 1940, mais jusqu'ici il était publié seulement sans démonstration (dans le résumé hébreu de la Thèse de doctorat de A. Dvoretzky, Jérusalem, 1941).

vérifiant $\lim_{n=\infty} a_n = 0$. *Alors, on peut choisir des* $\varepsilon_n = \pm 1$ $(n = 1, 2, \ldots)$ *de manière que la série* $\sum_{n=1}^{\infty} \varepsilon_n a_n$ *soit convergente.*

2. *Démonstration.* — On voit sans peine (en décomposant Σa_n en sommes partielles finies telles qu'on ait $|a_n| < 2^{-k}$ pour tous les termes de la $k^{\text{ième}}$ somme partielle et appliquant le critère fondamental de Cauchy) que le théorème sera démontré dès qu'on aura établi le lemme suivant :

Lemme. — Il existe une constante finie universelle C ayant la propriété suivante : A toute suite $b_1, b_2, \ldots, b_N$ $(1 \leqq N < \infty$ arbitraire) de nombres complexes satisfaisant à $|b_1| \leqq 1, \ldots, |b_N| \leqq 1$, on peut faire correspondre des $\varepsilon_n = \pm 1$ $(n = 1, 2, \ldots, N)$ de manière qu'on ait :

$$|\varepsilon_1 b_1 + \varepsilon_2 b_2 + \ldots + \varepsilon_n b_n| < C \qquad \text{pour} \quad n = 1, 2, \ldots, N.$$

D'ailleurs nous verrons qu'on peut prendre $C = \sqrt{3}$.

Le lemme (avec $C = \sqrt{3}$) étant évident pour $N = 1, 2$, nous allons supposer qu'il est vrai pour un certain nombre $N - 1 \geqq 2$ et en déduire sa validité pour N.

On voit aisément ([3]) que l'un au moins des nombres $d_1 = b_1 + b_2$, $d_2 = b_1 - b_2$, $d_3 = b_1 + b_3$, $d_4 = b_1 - b_3$, $d_5 = b_2 + b_3$, $d_6 = b_2 - b_3$, a un module $\leqq 1$. Désignons par b'_1 le premier d'entre eux dont le module ne dépasse pas l'unité, et par b'_2 celui des b_1, b_2, b_3 qui ne paraît pas dans la définition de b_1. Posons, de même, $b'_\nu = b_{\nu+1}$ pour $\nu = 3, 4, \ldots, N - 1$.

Le lemme admis pour $N - 1$, il existe des nombres $\varepsilon'_\nu = \pm 1$ $(\nu = 1, 2, \ldots, N - 1)$ tels que

$$\left|\sum_{\nu=1}^{n} \varepsilon'_\nu b'_\nu\right| < \sqrt{3} \qquad \text{pour} \quad n = 1, 2, \ldots, N - 1.$$

Prenons maintenant $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \varepsilon_3 = \pm 1$ tels que

$$\varepsilon_1 b_1 + \varepsilon_2 b_2 + \varepsilon_3 b_3 = \varepsilon'_1 b'_1 + \varepsilon'_2 b'_2,$$

ayant soin de prendre $\varepsilon_3 = \varepsilon'_2$ quand $b'_2 = b_3$. [On remarque que si $b'_2 \neq b_3$ on a $|b_1 \pm b_2| > 1$ et forcément ([4]) $|b_1 \pm b_2| < \sqrt{3}$]. Posons, enfin, $\varepsilon_{\nu+1} = \varepsilon'_\nu$ pour $2, 3, \ldots, N - 1$. Alors on a $|\varepsilon_1 b_1| \leqq 1$, $|\varepsilon_1 b_1 + \varepsilon_2 b_2| < \sqrt{3}$,

$$\left|\sum_{\nu=1}^{n+1} \varepsilon_\nu b_\nu\right| = \left|\sum_{\nu=1}^{n} \varepsilon'_\nu b'_\nu\right| < \sqrt{3} \qquad \text{pour} \quad n = 2, 3, \ldots, N - 1.$$

C. Q. F. D.

([3]) Car si $0 < |a|, |b| \leqq 1$, les deux inégalités $|a \pm b| > 1$ entraînent que l'angle entre les droites joignant a et b à l'origine est plus grand que $\pi/3$ et plus petit que $2\pi/3$; mais trois droites ne peuvent pas, deux à deux, former un tel angle.

([4]) Cf. ([2]).

3. Le théorème et le lemme, ainsi que leurs démonstrations s'étendent sans difficulté aux séries de vecteurs dans un espace euclidien à un nombre fini quelconque m de dimensions. La constante C dépend naturellement de m. On peut démontrer que $\sqrt{3}$ est la meilleure constante possible pour $m=2$, mais pour $m>2$ nous ne connaissons pas les meilleures constantes.

Par contre, le théorème est en défaut pour l'espace euclidien à une infinité de dimensions (espace de Hilbert), car il existe dans cet espace une infinité de vecteurs orthogonaux l'un à l'autre.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les moyennes de la densité d'une suite d'exposants.* Note (1) de M. **Elisha Netanyahu**, présentée par M. Paul Montel.

1. Soit $\lambda_1, \lambda_2, \ldots, \lambda_\nu, \ldots$ une suite d'exposants, c'est-à-dire une suite croissante de nombres positifs tendant vers l'infini. Pour $0<\lambda<\infty$, désignons par $N(\lambda)$ le nombre de λ_ν inférieurs à λ et posons

$$D_0(\lambda)=\frac{N(\lambda)}{\lambda}, \qquad D_n(\lambda)=\frac{1}{\lambda}\int_0^\lambda D_{n-1}(x)\,dx \qquad (n=1, 2, \ldots);$$

$$D_n^\bullet=\limsup D_n(\lambda), \qquad D_n^-=\liminf D_n(\lambda) \qquad (n=0, 1, 2, \ldots),$$

les limites étant prises, comme dans le reste de cette Note, pour $\lambda\to\infty$ (2).

De l'existence de $\lim D_m(\lambda)$ découle facilement celle de $\lim D_n(\lambda)$ pour $n>m$, et les limites sont évidemment égales.

Nous allons établir le théorème suivant :

Si $D_m=\lim D_m(\lambda)$ *existe pour un* m, *alors* $\lim D_n(\lambda)$ *existe pour tout* n, *et cette limite est égale à* D_m.

2. Il suffit, évidemment, de supposer $m\geqq 1$ et de démontrer le théorème pour $n=m-1$. Nous nous bornerons au cas important où D_m est fini (quand $D_m=\infty$, la démonstration est plus facile).

Soit $q>1$ fixe, alors on a

$$D_m(\lambda)\geqq\frac{1}{\lambda}\int_{\frac{\lambda}{q}}^{\lambda}\left[\frac{1}{x_m}\int_{\frac{x_m}{q}}^{x_m}\cdots\left(\frac{1}{x_2}\int_{\frac{x_2}{q}}^{x_2}\frac{N(x_1)}{x_1}\,dx_1\right)dx_2\right]dx_m\geqq\frac{(q-1)^m}{q_m\lambda}N\left(\frac{\lambda}{q^m}\right)$$

$$=\frac{(q-1)^m}{q^{2m}}D_0\left(\frac{\lambda}{q^m}\right).$$

Cette inégalité montre que $D_0^\bullet$ est fini, et il en résulte que $D_n<\infty$ pour $n=1, 2, \ldots$ (3).

(1) Séance du 22 septembre 1947.

(2) $D_0(\lambda)$ et $D_1(\lambda)$ sont respectivement la densité et la densité moyenne de $\{\lambda_\nu\}$ dans $(0, \lambda)$. M. Mandelbrojt (*Comptes rendus*, **224**, p. 22-24), les désigne par $D(\lambda)$ et $\overline{D}(\lambda)$ respectivement.

(3) Ce résultat découle aussi de l'inégalité exacte (non encore publiée) $D_n^\bullet\geqq n^n D_0^\bullet/n!\,e^n$, due à M. Dvoretzky.

3. Supposons que, contrairement à l'assertion du théorème, $\lim D_{m-1}(\lambda)$ n'existe pas et démontrons tout d'abord que $D^{\bullet}_{m-1} > D_m$. A tout δ satisfaisant à $0 < \delta < D^{\bullet}_{m-1} - D^{-}_{m-1}$ et à tout $\varepsilon > 0$, on peut faire correspondre deux nombres λ' et $\lambda'' > \lambda'$ arbitrairement larges satisfaisant aux conditions suivantes :

1° $D_{m-1}(\lambda') = D^{\bullet}_{m-1} - \delta$, 2° $D_{m-1}(\lambda'') < D^{\bullet}_{m-1} + \varepsilon$, 3° $D_{m-1}(\lambda) \leq D^{\bullet}_{m-1} - \delta$

pour $\lambda' < \lambda < \lambda''$. De 3° on déduit

$$(1)\quad D_m(\lambda'') = \frac{1}{\lambda''}\left\{\int_0^{\lambda'} D_{m-1}(x)\,dx + \int_{\lambda'}^{\lambda''} D_{m-1}(x)\,dx\right\}$$

$$\leq \frac{1}{\lambda''}\{D^{\bullet}_{m-1}\lambda' + o(\lambda') + (D^{\bullet}_{m-1} - \delta)(\lambda'' - \lambda')\} = D^{\bullet}_{m-1} - \delta\left(1 - \frac{\lambda'}{\lambda''}\right) + o(1).$$

Pour $m = 1$ on a, en vertu de 1° et 2°, avec ε assez petit,

$$\frac{\lambda'}{\lambda''} \leq \frac{\lambda' N(\lambda'')}{\lambda'' N(\lambda')} = \frac{D_0(\lambda'')}{D_0(\lambda')} < \frac{D_0^{-} + \varepsilon}{D_0^{\bullet} - \delta} < 1,$$

donc, d'après (1), $D^{\bullet}_0 > D_1$.

Pour $m \geq 2$, nous avons

$$D'_{m-1}(\lambda) = \frac{d}{d\lambda} D_{m-1}(\lambda) = -\frac{1}{\lambda^2}\int_0^{\lambda} D_{m-2}(x)\,dx + \frac{1}{\lambda} D_{m-2}(\lambda) \quad (^1);$$

d'où, en tenant compte de $D^{\bullet}_{m-2} < \infty$,

$$M = \overline{\text{borne}}_{\lambda > 0}\, |\lambda D'_{m-1}(\lambda)| < \infty.$$

Mais, d'après 1° et 2° (avec ε assez petit),

$$0 < \eta = D^{\bullet}_{m-1} - \delta - (D^{-}_{m-1} + \varepsilon) \leq D_{m-1}(\lambda') - D_{m-1}(\lambda'') \leq \frac{\lambda'' - \lambda'}{\lambda'} M,$$

d'où

$$\frac{\lambda'}{\lambda''} \leq \left(1 + \frac{\eta}{M}\right)^{-1} < 1.$$

Donc, encore d'après (1), $D^{\bullet}_{m-1} > D_m$.

4. Il suffit d'établir l'inégalité $D_m \geq D^{\bullet}_{m-1}$, pour achever la démonstration.

Pour $m = 1$, on a avec $q > 1$ quelconque,

$$D_1(\lambda) - D_1(q\lambda) = \frac{q-1}{q\lambda}\int_0^{\lambda} D_0(x)\,dx - \frac{1}{q\lambda}\int_{\lambda}^{q\lambda} D_0(x)\,dx \leq \frac{q-1}{q} D_1(\lambda) - \frac{q-1}{q}\,\frac{N(\lambda)}{q\lambda},$$

---

(1) $D_1(\lambda)$ n'est pas dérivable, mais dans le cas $m = 2$ il suffit de remplacer $D_0(x)$ par une fonction continue $\mathcal{D}_0(x)$ égale à $D_0(x)$ pour $\lambda_{\nu-1} < x < \lambda_\nu - \varepsilon_\nu$, et représentée par des segments rectilignes pour les autres x. Si les ε_ν ont été choisis suffisamment petits, on a (avec des notations évidentes) $\mathcal{D}^{\bullet}_0 = D^{\bullet}_0$, $\mathcal{D}^{-}_0 = D^{-}_0$ et de l'existence de D_2, il résulte $D_2 = \lim \mathcal{D}_2(\lambda)$.

d'où $D_1 - (D_0^\bullet/q) \geqq 0$. Comme q peut être arbitrairement voisin de 1, on a bien $D_0^\bullet \leqq D_1$.

Pour $m \geqq 2$, on a

$$\begin{aligned} D_m(\lambda) - D_m(q\lambda) &= \frac{q-1}{q} D_m(\lambda) - \frac{1}{q\lambda}\int_\lambda^{q\lambda} [D_{m-1}(\lambda) + D_{m-1}(x) - D_{m-1}(\lambda)]\,dx \\ &\leqq \frac{q-1}{q}\{D_m(\lambda) - D_{m-1}(\lambda)\} + \frac{1}{q\lambda}\int_\lambda^{q\lambda} \frac{M(x-\lambda)}{\lambda}\,dx \\ &= \frac{q-1}{q}\{D_m(\lambda) - D_{m-1}(\lambda)\} + \frac{(q-1)^2}{2q} M. \end{aligned}$$

Donc

$$D_{m-1}^\bullet \leqq D_m + \frac{q-1}{2} M, \qquad \text{d'où} \quad D_{m-1}^\bullet \leqq D_m \qquad \text{C. Q. F. D.}$$

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Intégration des équations aux différentielles totales linéaires à coefficients constants.* Note [1] de M. **Nicolas Saltykow**, présentée par M. Paul Montel.

Soit le système

$$(1) \qquad dx_{m+\nu} = \sum_{k=1}^{m}\left(\sum_{i=1}^{n-m} a_{\nu i}^k x_{m+i}\right) dx_k \qquad (\nu = 1, 2, \ldots, n-m),$$

les coefficients $a_{\nu i}^k$, aux triples indices k, ν, i, représentant des constantes. Le système (1) admet les solutions particulières

$$x_{m+\nu} = \alpha_\nu e^{\sum_{k=1}^{m} \theta_k x_k} \qquad (\nu = 1, 2, \ldots, n-m),$$

α_ν et θ_k étant des constantes définies par les équations

$$(3) \qquad \left\{\begin{array}{l} (a_{11}^k - \theta_k)\alpha_1 + a_{12}^k \alpha_2 + \ldots + a_{1,n-m}^k \qquad \alpha_{n-m} = 0, \\ a_{21}^k \alpha_1 + (a_{22}^k - \theta_k)\alpha_2 + \ldots + a_{2,n-m}^k \qquad \alpha_{n-m} = 0, \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \\ a_{n-m,1}^k \alpha_1 + a_{n-m,2}^k \alpha_2 + \ldots + (a_{n-m,n-m}^k - \theta_k)\alpha_{n-m} = 0, \\ \qquad (k = 1, 2, \ldots, m). \end{array}\right.$$

Il en résulte m équations pour définir, tout d'abord, les inconnues θ_k

$$(4) \qquad \begin{vmatrix} a_{11}^k - \theta_k & a_{12}^k & \ldots & a_{1,n-m}^k \\ a_{21}^k & a_{22}^k - \theta_k & \ldots & a_{2,n-m}^k \\ \ldots & \ldots & \ldots & \ldots \\ a_{n-m,1}^k & a_{n-m,2}^k & \ldots & a_{n-m,n-m}^k - \theta_k \end{vmatrix} = 0 \qquad (k = 1, 2, \ldots, m).$$

A chaque racine θ_{kj} de l'équation (4) le système (3) fait correspondre les

(1) Séance du 22 septembre 1947.

valeurs des $\alpha_{\nu j}(\nu = 1, 2 \ldots . n-m)$, dont l'une peut être prise arbitrairement; posons, par exemple, $\alpha_{1j} = 1 (j = 1, 2, \ldots, n-m)$.

Si chacune des équations (4) a toutes ses racines distinctes, l'intégrale générale du système (1) devient

$$x_{m+\gamma} = \sum_{j=1}^{n-m} C_j \alpha_{\gamma j} e^{\sum_{k=1}^{m} \theta_{kj} x_k} \qquad (\gamma = 1, 2, \ldots, n-m),$$

les C_j désignant $n-m$ constantes arbitraires distinctes.

Si les équations (4) admettent des racines multiples, pour reconstituer le nombre des *n-m* solutions particulières distinctes du système (1), on appliquera la méthode de d'Alembert de différentiation par rapport aux paramètres.

Pour montrer que la méthode exposée est digne d'attention, intégrons le système de Valyi

$$(5) \qquad \begin{cases} dz = p\,dx + q\,dy, & dp = q\,dx + s\,dy, \\ dq = s\,dx + p\,dy, & ds = p\,dx + q\,dy \end{cases}$$

que E. Goursat (²) cite comme un système non complètement intégrable, mais qui est bien complètement intégrable.

En effet, les deux équations (4) se confondent alors, et se réduisent à

$$\theta_k(\theta_k^3 - 1) = 0 \qquad (k = 1, 2).$$

Leurs racines sont distinctes :

$$0, \qquad 1, \qquad \frac{-1 + i\sqrt{3}}{2} \equiv \beta, \qquad \frac{-1 - i\sqrt{3}}{2} \equiv \gamma.$$

Par conséquent, l'intégrale générale du système (5) devient

$$\begin{aligned} z &= C_1 + C_2 e^{x+y} + C_3 e^{\beta x + \gamma y} + C_4 e^{\gamma x + \beta y}, \\ p &= \phantom{C_1 +{}} C_2 e^{x+y} + C_3 \beta e^{\beta x + \gamma y} + C_4 \gamma e^{\gamma x + \beta y}, \\ q &= \phantom{C_1 +{}} C_2 e^{x+y} + C_3 \gamma e^{\beta x + \gamma y} + C_4 \beta e^{\gamma x + \beta y}, \\ s &= \phantom{C_1 +{}} C_2 e^{x+y} + C_3 e^{\beta x + \gamma y} + C_4 e^{\gamma x + \beta y}, \end{aligned}$$

C_1, C_2, C_3, C_4 étant quatre constantes arbitraires.

THÉORIE DES GROUPES. — *Sur les relations d'orthogonalité de V. Bargmann. I. Résultats préliminaires.* Note (¹) de M. **Roger Godement**, transmise par M. Élie Cartan.

1. Le but de cette Note et d'une autre qui la suivra est de démontrer, avec toute la généralité qu'elles comportent, les remarquables relations d'ortho-

(²) E. Goursat, *Leçons sur l'intégration des équations aux dérivées partielles de premier ordre*. Seconde édition, Paris, 1921, p. 133. Nr. 5° (1).

(¹) Séance du 22 septembre 1947.

gonalité découvertes par V. Bargmann [2] dans le cas du groupe de Lorentz, relations que cet auteur se borna à vérifier par des calculs explicites.

Un premier instrument essentiel est, comme il est naturel, le *lemme de Schur* : *soient* $\{\mathcal{H}, V_x\}$ *et* $\{\mathcal{H}', V'_x\}$ *deux représentations unitaires irréductibles d'un groupe* G, *et supposons qu'il existe une application linéaire continue* $X' = u(X)$ *de* $\mathcal{H}$ *dans* $\mathcal{H}'$, *non réduite à zéro, et vérifiant* $u \circ V_s = V'_s \circ u$ *pour tout* $s \in G$. *Alors ces représentations sont isomorphes* (équivalentes), *et u est, à un facteur constant près, un* isomorphisme *de* $\mathcal{H}$ *sur* $\mathcal{H}'$.

Nous laisserons au lecteur le soin de démontrer cette propriété très simple.

2. On va maintenant exposer quelques résultats [3] relatifs aux fonctions de carré sommable sur un groupe G.

Soient dx la mesure de Haar invariante à gauche sur G, et L^2 l'espace de Hilbert des fonctions de carré sommable sur G pour dx. On posera dans L^2

$$[f, g] = \int f(x)\overline{g(x)}\,dx; \qquad \|f\| = \sqrt{[f, f]}; \qquad U_s f(x) = f(s^{-1}x).$$

$\{L^2, U_x\}$ constitue une représentation unitaire continue de G. Au moyen des notations

$$f \star g(x) = \int f(xy)\,g(y^{-1})\,dy \qquad \text{et} \qquad \tilde{f}(x) = \overline{f(x^{-1})},$$

on constate sans peine que

$$[f, U_x g] = f \star \tilde{g}(x) \qquad \text{pour } f, \; g \in L^2.$$

DÉFINITION. — *On dit qu'une* $\varphi \in L^2$ *est* bornée *s'il existe une constante* M_φ $(0 \leq M_\varphi < +\infty)$ *telle que* $f \star \varphi \in L^2$, $\|f \star \varphi\| \leq M_\varphi \|f\|$ *pour toute* $f \in L^2$. Les φ *bornées* sont denses dans L^2 (c'est le cas par exemple si φ est sommable sur G pour dx), et à une telle φ on peut associer l'opérateur linéaire continu A_φ de L^2 défini par

$$(1) \qquad A_\varphi f = f \star \varphi, \qquad (f \in L^2).$$

Il est clair que A_φ permute aux U_s; que si φ et ψ sont *bornées*, il en est de même de $\varphi \star \psi$, on a alors $A_{\varphi\star\psi} = A_\psi A_\varphi$; enfin, si G est unimodulaire [4] $[dx = d(x^{-1})]$, $\tilde{\varphi}$ est *bornée* en même temps que φ, l'opération $\sim$ se traduisant sur les opérateurs par l'opération*. Pour qu'une φ *bornée* soit *de type positif*, il faut et il suffit que A_φ soit *hermitien positif*.

---

(2) *Irreducible unitary representations of the Lorentz group* (*Ann. of Math*, **48**, juillet 1947, pp. 568-640); cf. en particulier le paragraphe **12** de cet article.

(3) Les résultats exposés dans ce paragraphe (le théorème 1 excepté) ont été trouvés par l'auteur en 1945-46. Cf. *Comptes rendus*, **222**, 1946, pp. 529-531, et la Thèse de l'auteur (à paraître aux *Trans. Am. Math. Soc.*).

(4) Cette restriction n'est d'ailleurs pas essentielle, et couvre le cas du groupe de Lorentz.

Si une $\varphi \in L^2$ est *non bornée* mais de type positif, l'opérateur (symétrique et positif) qui fait passer d'une *f bornée* à $f \star \varphi (\in L^2)$ peut être prolongé en un auto-adjoint A_φ permutable aux U_x et donné encore, *dans son domaine de définition*, par la formule (1). L'analyse spectrale de A_φ permet de montrer facilement *l'existence d'une* $\psi \in L^2$, *bornée et de type positif telle que* $\varphi - \psi$ *soit encore de type positif* [ce qui s'écrit $0 \ll \psi \ll \varphi$ dans la terminologie de Gelfand-Raïkov ([5])]. Observons d'autre part que si une φ *bornée* est de type positif, il existe une constante $k > 0$ telle que

$$\varphi \star \varphi \ll k\varphi \qquad (\text{il suffit que } A_\varphi^2 - kA_\varphi \leqq 0). \tag{3}$$

De tout cela résulte le théorème suivant :

THÉORÈME 1. — *Si une* φ *continue, de type positif et* DE CARRÉ SOMMABLE *définit une représentation unitaire* IRRÉDUCTIBLE *de* G (φ *élémentaire* de carré sommable), *alors* φ *est* bornée *et vérifie une équation de la forme*

$$\varphi \star \varphi(x) \equiv [\varphi, U_x\varphi] = \lambda\,\varphi(x) \qquad (0 < \lambda < +\infty).$$

Il est par ailleurs facile de démontrer les deux théorèmes qui suivent :

THÉORÈME 2. — *Si pour une* $f \in L^2$ *la fonction* $f \star f$ *est dans* L^2 *et est bornée, alors la fonction f elle-même est* bornée.

THÉORÈME 3. — *Si* $\mathcal{L}$ *est un sous-espace fermé de* L^2, *invariant par les* U_s, *les* $f \in \mathcal{L}$ *qui sont* bornées *constituent un sous-espace vectoriel partout dense dans* $\mathcal{L}$.

(De façon précise : si une $g \in L^2$ est *bornée*, il en est de même de sa projection orthogonale sur $\mathcal{L}$.)

RELATIVITÉ. — *Retour sur la théorie du spin et sur la dynamique des systèmes de points.* Note ([1]) de M. **OLIVIER COSTA DE BEAUREGARD.**

I. Dans l'Univers de Minkowski, en raison de la variance de l'élément de volume tridimensionnel $[dx_j\,dx_k\,dx_l] = ic\,\delta u^i$, le rang d'un tenseur fini diffère de ± 1 de celui du tenseur densitaire correspondant. Dans le cas particulier de l'écoulement d'un fluide ou, à la limite, du déplacement d'un point matériel, on peut donner des tenseurs finis une définition spéciale qui leur attribue la même variance qu'aux tenseurs densitaires; V_i désignant la quadrivitesse,

([5]) I. GELFAND et D. RAÏKOV, *Recueil Math. de Moscou*, 13, 1943. Voir aussi R. GODEMENT, *Comptes rendus*, 222, 1946, pp. 36-37 et 213-215. On sait que pour qu'une $\varphi(x)$ continue et de type positif définisse une représentation unitaire *irréductible*, il faut et il suffit que toute décomposition $\varphi = \varphi_1 + \varphi_2$ de φ (φ_1, φ_2 de type positif) soit triviale. Cf. les « états purs » en Mécanique quantique.

([1]) Séance du 22 septembre 1947.

l'hyperflux

(1) $$\delta u_0 = V_i \delta u^i$$

sera par définition le *volume élémentaire scalaire* ou *propre* (²).

$T^{ij} \equiv \rho_0 U^i V^j$ désignant le tenseur inertique asymétrique d'un fluide à spin (³), σ^{ijk} et μ^{ij} (antisymétriques sur i, j) les densités de spin et de couple pondéromoteur, l'équation densitaire en moments de l'équilibre dynamique s'écrit (⁴)

(2) $$T^{ji} - T^{ij} + \partial_k \sigma^{ijk} = \mu^{ij};$$

nous avons interprété, grâce à elle, les deux équations de la théorie de Dirac

(3) $$T^{ji} - T^{ij} + \partial_k \sigma^{ijk} = 0, \qquad \partial_k \tau^{ijk} = H^{jk} m^i_{.k} - H^{ik} m^j_{.k},$$

dont la première, bien connue, est due à Tetrode et la seconde à E. Durand (⁵).

Notre formule (2) permet de déduire une formule que M. Weisserhof a posée inductivement à la base de sa dynamique du point à spin (⁶). Multiplions tous les termes par δu_0, passons à la limite, et négligeons le symbole δ; $\rho_0 \delta u_0 U^i$ tend vers l'impulsion-masse p^i du point matériel et $\mu^{ij} \delta u_0$ vers le moment pondéromoteur M^{ij} défini à la *manière spéciale*; quant au terme $\partial_k \sigma^{ijk}$, τ désignant le temps propre, une transformation d'intégrales y fait apparaître la dérivée C'^{ij} du spin fini suivant

$$\frac{1}{d\tau} \partial_k \sigma^{ijk} \delta u_0 \, d\tau = \frac{d}{d\tau}(\sigma^{ijk} \delta u_k) = (\delta C^{ij})';$$

il vient donc bien la formule annoncée de M. Weisserhof, généralisée par la présence du second membre,

(4) $$p^j V^i - p^i V^j + C'^{ij} = M^{ij};$$

si, par définition *générale* du moment pondéromoteur fini, l'on pose

(5) $$\delta M^{ijk} = \mu^{ij} \delta u^k,$$

la formule considérée s'écrit encore

(6) $$p^j V^i - p^i V^j + C'^{ij} = M^{ijk} V_k.$$

II. Par rapport à la théorie abstraite, l'antisymétrie complète de la densité

(²) Nous avons proposé cette définition aux *Comptes rendus*, **222**, 1946, p. 271.

(³) Voir notre étude au *Journal de Math.*, **22**, II, 1943, ch. II, pp. 118-136.

(⁴) Nous avons récemment indiqué comment cette formule doit être complétée lorsque l'on prend en considération les forces superficielles de viscosité (*Journal de Math.*, article sous presse n° 4).

(⁵) Voir, sur ces sujets, nos deux Notes aux *Comptes rendus*, **218**, 1944, p. 961 et **221**, 1945, p. 175.

(⁶) Exposé oral de M. Weisserhof à l'Institut Henri-Poincaré en 1947; nous ignorons si le travail en question de l'Auteur est déjà publié.

de spin σ^{ijk} et l'égalité des deux divergences du tenseur T^{ij} sont deux traits spéciaux à la théorie de Dirac; montrons qu'ils sont liés entre eux. Appliquant à (3I) l'opérateur ∂_j, et notant que l'opérateur ∂_{jk} est symétrique, il vient

(7) $$\partial_j T^{ji} - \partial_j T^{ij} + \partial_{jk}\sigma^{ijk} = 0,$$ C. Q. F. D.

III. Nous avons donné récemment le moyen technique de définir de façon covariante le barycentre d'un système de points, et montré que l'énoncé relativiste des *théorèmes généraux* de la dynamique doit tenir compte de la manière dont l'interaction s'emmagasine potentiellement et se transmet de proche en proche dans le champ ([7]); la dynamique newtonienne l'ignorait par principe et faisait le groupe d'approximations physiques suivantes : α. transmission instantanée (d'où validité de la simultanéité à distance); β. égalité à distance de l'action et de la réaction, d'où inutilité de la notion d'impulsion potentielle; δ. absence d'équivalent massique de l'énergie potentielle, d'où inutilité de connaître sa loi de répartition dans le champ. Ces approximations étant interdites à la Relativité, les *théorèmes généraux* n'y peuvent plus servir d'intermédiaires de raisonnement.

Nous pensons qu'un excellent exemple prérelativiste des méthodes nouvelles à instaurer est fourni par le problème (unidimensionnel si l'on veut) de deux points matériels liés par un fil élastique *pesant*; en effet, l'interaction s'y propage par ondes à vitesse finie, et la loi *locale* de tension du fil fournit un substitut de la notion, physiquement inacceptable, de force fonction de la distance *finie*. C'est ce problème d'équation aux dérivées partielles dûment généralisé qui, à notre sens, doit fournir le modèle des méthodes générales de la dynamique relativiste des systèmes de points en interaction.

CHIMIE GÉNÉRALE. — *Sur le chlorosulfure mercurique.*

Note de M. **Jules Lamure**, présentée par M. Paul Pascal.

En vue de préparer avec le chlorure et le sulfure mercuriques des combinaisons analogues aux oxychlorures, j'ai fait agir directement dans différentes conditions de température les deux constituants par voie humide et par voie sèche, mais quelles qu'aient été leurs proportions relatives, il n'a pas été possible de mettre en évidence, par l'examen des diagrammes de rayons X, la formation de produits autres que le *chlorosulfure* blanc Cl_2Hg, $2SHg$ déjà connu.

Le sulfure mercurique naissant par action de SH_2 sur Cl_2Hg ne donne lui-même pas d'autre composé défini avec le chlorure. Bien que dans plusieurs travaux antérieurs on ait cru identifier parmi les produits de différentes couleurs qui prennent naissance au cours de cette précipitation un certain nombre de sels plus riches en sulfure, il est certain que ces colorations ne représentent que des mélanges de ce chlorosulfure et de quantités croissantes de

([7]) *Comptes rendus*, 224, 1947, pp. 333 et 540.

sulfure noir libre. Les rœntgenogrammes de prélèvements effectués à différentes étapes de la précipitation l'établissent nettement.

Ce sel, probablement ionisé, n'est pas hydrolysable, mais est complètement décomposé par les bases alcalines à l'ébullition. Le chlore passe entièrement en solution. La partie insoluble, noire, a le diagramme X du sulfure noir accompagné de quelques raies intenses qui n'appartiennent, ni au chlorosulfure, ni à l'oxyde pouvant résulter de la précipitation du chlorure et que je me propose de définir. Si l'on prolonge l'ébullition, on voit se former des grains d'oxyde jaune et apparaître de petits globules de mercure métallique. Il se pourrait donc que l'action des bases donne tout d'abord, à côté du sulfure mercurique, de l'oxyde mercureux — d'existence discutée et mise en doute récemment [1] — se décomposant en un mélange équimoléculaire de mercure et d'oxyde mercurique. L'étude en cours, plus précise, de cette décomposition nous renseignera définitivement, sans doute, mais ce comportement est bien d'accord avec les conclusions que donne la décomposition thermique.

D'après Rose [2] le chauffage lent en tube scellé « le décompose en ses constituants, le chlorure mercurique libéré se déposant au-dessus du sulfure dans les parties froides du tube ». L'étude méthodique de la décomposition thermique montre que ce sel se comporte de tout autre manière. En faisant monter la température régulièrement, on constate que le poids de l'échantillon reste constant jusqu'à 240°. Au-dessus de cette température se déposent dans les parties froides du tube des arborescences cristallines blanches, ne contenant pas de soufre, qui ont été identifiées par l'analyse, les propriétés et les rayons X avec le chlorure mercureux. Le taux en soufre du résidu, qui conserve sa couleur blanche, augmente parallèlement et tend vers la valeur correspondant à deux atomes de soufre pour un de mercure. J'ai vérifié en opérant dans le vide ou en atmosphère d'azote que cette décomposition ne s'accompagne pas de formation de sulfate mercurique par oxydation possible du sulfure. Il ne semble pas, d'autre part, que l'on puisse admettre une solution de soufre dans le sulfure normal, mais qu'on se trouve bien en présence d'un polysulfure S_2Hg incolore, cristallin et très réfringent, ne se décomposant en sulfure noir avec élimination de soufre qu'au dessus de 390° seulement.

La décomposition thermique, comme l'action des bases, paraît donc bien montrer la liaison de 2 atomes de mercure aux 2 atomes de chlore. Elle conduit à attribuer au chlorosulfure la formule $\begin{matrix}Cl-HgS\\Cl-HgS\end{matrix}>Hg$ proposée par G. Denigès [3], plutôt que celle indiquée par Smith et Simon [4] qui ont considéré ce sel comme un complexe de Werner de formule $Cl_2\left[Hg<\begin{matrix}SHg\\SHg\end{matrix}\right]$.

(1) A. Pacault, *Comptes rendus*, **218**, 1944, p. 671.
(2) *Pogg. Ann.*, **13**, 1828, p. 59.
(3) *Bull. Soc. Chim.*, **17**, 1915, p. 353.
(4) *J. Amer. Chem. Soc.*, **46**, 1924, p. 1325.

Quoi qu'il en soit, cette combinaison du chlorure et du sulfure mercuriques ne correspond pas à l'oxychlorure $Cl_2Hg-2OHg$, comme le montrent ces propriétés.

La susceptibilité magnétique confirme encore la différence de structure. Alors que pour l'oxychlorure elle est égale à la somme des susceptibilités de Cl_2Hg et de OHg ($K_M . 10^6$ trouvé : — 171,9; calculé : — 171,9), elle indique pour le chlorosulfure ($K_M . 10^6$ trouvé : — 195,0; calculé : — 229,6) une dépréciation importante du magnétisme qui est le signe d'une réorganisation complète de la molécule au cours de la combinaison.

CHIMIE MINÉRALE. — *Formation de chlorites à partir de peroxyde de chlore et de métaux*. Note [1] de M. **Michaël Bigorgne**, présentée par M. Louis Hackspill.

Les chlorites, employés industriellement dans la fabrication de la pâte à papier, le blanchiment et le finissage des matières textiles, sont préparés de deux façons différentes à partir du peroxyde de chlore :

a. soit avec une lessive de soude ou de potasse à laquelle on ajoute un réducteur : charbon, soufre, sulfite de sodium, ou des cations métalliques de valence variable à leur état de valence inférieur (manganèse, cuivre, plomb, fer) [2];

b. soit en employant l'eau oxygénée comme catalyseur de décomposition (brevet allemand).

L'analyse des chlorites, en présence des chlorures, hypochlorites et chlorates, qui presque toujours les accompagnent, repose sur le fait que l'acide chloreux, qu'on peut obtenir du chlorite en solution faiblement acide, est réduit en chlorure par l'iodure de potassium. On dose l'iode par le thiosulfate.

De nombreux auteurs ont étudié cette question, parmi lesquels nous citerons Bruni et Lévy [3], Reychler [4], G. Lasègue [5].

Nous avons étudié l'action du peroxyde de chlore, en solution dans l'eau, sur les métaux, et constaté qu'il se forme du chlorite en proportion assez notable.

Dès 1906, Bray a pensé que la réduction du peroxyde de chlore par les ions iodure ou nitrite, par le zinc métallique, et vraisemblablement par les ions ferreux et arsénite conduirait à l'ion chlorite, grâce à une réaction intermédiaire, puis à l'ion chlorure [6]. En 1945, l'I. G. Farbenindustrie a un procédé de fabrication du chlorite de sodium, où le chlorite de zinc apparaît comme produit intermédiaire [7].

---

(1) Séance du 28 juillet 1947.

(2) Brevet anglais B.P. **495 289**; brevet américain A.P. **2 092 944**.

(3) *Gazz. Chim. Ital.*, **45**, (II), 1915, p. 161.

(4) *Bull. Soc. Chim.*, **25**, 1901, p. 663.

(5) *Comptes rendus*, **155**, 1912, p. 159; *Bull. Soc. Chim.*, 4e série, **11**, 1912, p. 884.

(6) Bray, *Z. phys. chem.*, **54**, 1906, p. 575.

(7) C.A. **59 990** au B.P. **896 239**, 27 août 1945.

Le peroxyde de chlore, préparé par action du chlorate de potassium sur l'acide sulfurique, est purifié par liquéfaction à — 15°, puis redistillé et dissous dans l'eau : 65g dans 1 litre d'eau à 0°, 45g à 25° environ.

Les métaux indiqués : cadmium, zinc, magnésium, aluminium, ont été mis en suspension à l'état de limaille fine, dans la solution aqueuse de peroxyde.

Pour obtenir le meilleur rendement en chlorite, il faut mettre un excès de peroxyde de chlore et séparer l'oxyde formé dès que l'attaque du métal est terminée. La réaction peut être représentée de la manière suivante :

$$(A) \qquad 5Cd + 2ClO_2 \rightarrow CdCl_2 + 4CdO,$$

$$(B) \qquad \begin{cases} (\alpha) & 2Cl_2O_4 \rightleftharpoons Cl_2O_3 + Cl_2O_5, \\ (\beta) & 2Cd + Cl_2O_5 \rightarrow Cl_2O_3 + 2CdO, \\ (\gamma) & CdO + Cl_2O_3 \rightarrow Cd(ClO_2)_2, \\ (\delta) & CdO + Cl_2O_5 \rightarrow Cd(ClO_3)_2. \end{cases}$$

(α) représente le comportement, comparable à celui du chlore, du peroxyde de chlore dans l'eau.

Ces réactions sont appuyées sur les expériences suivantes :

1° En l'absence de métal, le peroxyde de chlore réagit sur la soude suivant :

$$2ClO_2 + 2NaOH \rightarrow NaClO_2 + NaClO_3 + H_2O;$$

2° Au début de la réaction, l'oxyde de cadmium formé suivant A étant très peu abondant, on tend vers un rendement quantitatif en chlorite par rapport au cadmium passé en solution.

Voici les résultats obtenus pour des réactions arrêtées brusquement au cours de leur développement :

	Cadmium.								Zinc.	
$\frac{\text{Rendement en chlorite (\%)}}{\text{Métal en solution}}$ ...	91	89	87	86	86	86	84	81	85	82

A mesure que la réaction se poursuit, l'anhydride chlorique réagit sur l'oxyde du métal formé en A pour donner du chlorate.

Si on laisse assez longtemps les réactifs en présence, on constate que le chlorite se décompose en chlorate et chlorure, le chlorure formé jouant lui-même le rôle de catalyseur de décomposition

$$3ClO_2^- \rightarrow 2ClO_3^- + Cl^-.$$

Voici les résultats obtenus pour des réactions effectuées dans les meilleures conditions :

	Cadmium.	Zinc.	Magnésium.	Aluminium.
$\frac{\text{Rendement en chlorite (\%)}}{\text{métal total}}$	66	57	64	34
Chlorate........................	7	4	7	12
Chlorure........................	8	6	7	11
Oxyde..........................	19	33	22	43

Il semble qu'il soit nécessaire que le peroxyde de chlore soit en solution pour entrer en réaction avec les métaux :

a. le peroxyde de chlore liquide n'a rien donné par contact avec le zinc et le magnésium.

b. en solution d'anhydride acétique il a donné un rendement de 16 et de 20 % en chlorite avec le magnésium et le zinc respectivement, à l'exclusion de tous autres composés chlorés de ces métaux, mais avec formation d'acétate de magnésium.

En résumé, nous avons montré qu'il y formation de chlorite par action d'une solution aqueuse de peroxyde de chlore sur les métaux suivants : cadmium, zinc, magnésium, aluminium, assez différents par leurs propriétés, et qui laisseraient penser que cette réaction est générale.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la classification des bandes de fluorescence de divers sels d'uranyle.* Note (¹) de M^me **Marie Freymann**, présentée par M. Aimé Cotton.

Dans de précédentes Notes (²), une classification a été proposée pour les bandes électroniques de l'acétate d'uranyle hydraté $(CH_3COO)^2 UO_2, 2H_2O$ (fluorescence et absorption à $-185°C$); elle utilise pour l'état normal les fréquences de vibration 210,860 et 930 cm^{-1} (ainsi que leurs combinaisons) et, pour l'état excité, 720 cm^{-1}. Or, une classification différente a été proposée par Pant et Sakhwalkar, puis par Pant (³); elle emploie notamment une fréquence voisine de 150 cm^{-1} qui n'a pas été observée jusqu'ici. Nous pensons qu'en réalité 150 cm^{-1} correspond sensiblement à la différence $860-720=140$ cm^{-1} et non pas à une fréquence propre. Pour le confirmer, nous classerons de façon complète, dans le tableau suivant, selon le principe utilisé précédemment pour l'acétate (²) : les bandes de fluorescence du nitrate d'uranyle à $6H_2O$, d'après les mesures de Becquerel (⁴), de Nichols et Merritt (⁵), et nos mesures ; les bandes de fluorescence des chlorure et fluorure II, d'après les mesures de Pant (³).

Ce tableau a été dressé en utilisant les valeurs suivantes :

Nitrate.............	$\nu_1=860$	$\nu_2=230$	$\nu_3=930$	$(1.0)=20756$	$(1.1)=21476$
Chlorure...........	$\nu_1=875$	$\nu_2=230$	$\nu_3=930$	$(1.0)=20683$	$(1.1)=21403$
Fluorure II.........	$\nu_1=860$	$\nu_2=210$	$\nu_3=930$	$(1.0)=20220$	$(1.1)=20940$

Nous soulignerons, ici encore, l'existence d'une différence 30 cm^{-1} environ qui se manifeste, dans le tableau ci-joint, par de nombreux dédoublements de

(¹) Séance du 22 septembre 1947.

(²) M^me M. Freymann, M^me T. Guilmart et R. Freymann, *Comptes rendus*, **223**, 1946, pp. 545 et 573.

(³) Pant et Sakhwalkar, *Proc. Indian Ac. Sc.*, **19**, 1944, p. 135; Pant, *ibid*, **22**, 1945, pp. 95 et 110.

(⁴) *Comptes rendus*, **144**, 1907, p. 459.

(⁵) *Phys. Rev.*, **9**, 1917, p. 113.

Classification.	Nitrate.	Chlorure.	Fluorure II.
$10 \rightarrow 06 + \nu_2$	15349	–	–
$11 \rightarrow 07$	15401	–	–
$11 \rightarrow 05 + \nu_3$ ou $10 \rightarrow 05 + \nu_2$	16194–16221	16090	–
$11 \rightarrow 06$	16292–16313	16155	–
$10 \rightarrow 05$	–	16341	–
$10 \rightarrow 04 + \nu_3$	16383	–	–
$11 \rightarrow 05 + 3\nu_2$	16515–16543	–	–
$11 \rightarrow 04 + \nu_3 + 2\nu_2$	16655	–	–
$11 \rightarrow 04 + \nu_3 + \nu_2$	16895	–	–
$11 \rightarrow 05 + \nu_2$ ou $10 \rightarrow 03 + \nu_3 + \nu_2$	16990	16785	–
$11 \rightarrow 04 + \nu_3$ ou $10 \rightarrow 04 + \nu_2$	17065–17085	16956	16577
$11 \rightarrow 05$	17150–17184	17030	16640
$10 \rightarrow 04$	17295	–	–
$11 \rightarrow 04 + 3\nu_2$	17374	17249	–
$11 \rightarrow 03 + \nu_3 + 2\nu_2$	17518	–	–
$11 \rightarrow 04 + 2\nu_2$	17601	–	–
$11 \rightarrow 03 + \nu_3 + \nu_2$	17750	17608	–
$11 \rightarrow 04 + \nu_2$ ou $10 \rightarrow 02 + \nu_3 + \nu_2$	17857	17663–17694	–
$11 \rightarrow 03 + \nu_3$ ou $10 \rightarrow 03 + \nu_2$	17905–17937	17835	17404–17427
$11 \rightarrow 04$	18000–18036	17905	17492
$10 \rightarrow 03$	–	18069	17641
$10 \rightarrow 02 + \nu_3$	18104	–	–
$11 \rightarrow 03 + 3\nu_2$	18220–18260	18107	–
$11 \rightarrow 02 + \nu_3 + 2\nu_2$	18378	–	–
$11 \rightarrow 03 + 2\nu_2$	18460	–	–
$11 \rightarrow 02 + \nu_3 + \nu_2$	18611	–	–
$11 \rightarrow 03 + \nu_2$ ou $10 \rightarrow 01 + \nu_3 + \nu_2$	18690	18536	–
$11 \rightarrow 02 + \nu_3$ ou $10 \rightarrow 02 + \nu_2$	18772–18797	18709	18263–18289
$11 \rightarrow 03$	18861–18896	18777–18803–18834	18353
$10 \rightarrow 02$	–	18947	18504
$10 \rightarrow 01 + \nu_3$	18968	–	–
$11 \rightarrow 02 + 3\nu_2$	19067–19117	–	–
$11 \rightarrow 01 + \nu_3 + 2\nu_2$	19231	–	–
$11 \rightarrow 02 + 2\nu_2$	19301	–	–
$11 \rightarrow 01 + \nu_3 + \nu_2$	19471	–	18970
$11 \rightarrow 02 + \nu_2$ ou $10 \rightarrow 00 + \nu_3 + \nu_2$	19562	19405	–
$11 \rightarrow 01 + \nu_3$ ou $10 \rightarrow 01 + \nu_2$	19619–19646	19574	19124–19150
$11 \rightarrow 02$	19708–19724	19628–19655–19685 19716	19217
$10 \rightarrow 01$	–	19833	19366
$10 \rightarrow 00 + \nu_3$	19831	–	–
$11 \rightarrow 01 + 3\nu_2$	19934	–	–
$11 \rightarrow 00 + \nu_3 + 2\nu_2$	20100	–	–
$11 \rightarrow 01 + 2\nu_2$	20182	20051–20093	–
$11 \rightarrow 00 + \nu_3 + \nu_2$	20305–20345	20218–20240	–
$11 \rightarrow 01 + \nu_2$	20396–20425	20286	–
$11 \rightarrow 00 + \nu_3$ ou $10 \rightarrow 00 + \nu_2$	20500	20440–20462	–
$11 \rightarrow 01$	20589–20623	20482–20511–20535 20565–20589	20082
$10 \rightarrow 00$	–	–	20234

bandes; toutefois, nous avons classé ici les deux composantes sous une même dénomination [par exemple : $(1.1) \rightarrow (0.1) = 20589\text{-}20623$]. Nous reviendrons sur cette question dans une prochaine Note.

Remarque sur l'existence de deux formes cristallines. — Ainsi que l'a signalé Pant, il existe, pour le chlorure d'uranyle, une série différente de celles que nous avons classées; c'est 16090-16930-17778-18634-19489-20339. Ces valeurs (qui ne sont pas portées sur le tableau) correspondent à $\nu'_1 = 850$ au lieu de $\nu_1 = 875\ \mathrm{cm}^{-1}$. Cette remarque fort importante est à rapprocher des données de Satyanarayana [6] relatives à l'effet Raman : le chlorure d'uranyle présente non pas 3 mais 5 fréquences de vibration : 197 et 226, 853 et 865, 909 cm^{-1}.

Ces données pourraient s'interpréter en supposant qu'il s'agit du groupement UO_3 (6 fréquences au maximum) et non pas de UO_2 (3 fréquences). Nous ne pensons pas que cette hypothèse soit satisfaisante et lui préférons la suivante : il existerait, pour le chlorure, deux formes d'ions UO_2^{++} correspondant à des perturbations différentes par les molécules d'eau voisines; l'existence du fluorure II ($\nu_1 = 860$) et du fluorure I ($\nu'_1 = 820$) correspondrait au cas limite où les deux formes ont pu effectivement être isolées.

Sous toutes réserves, on pourrait rapprocher de cette remarque les transformations signalées précédemment [2] pour le sulfate d'uranyle.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur les porphyrines de l'ambre gris.* Note [1] de MM. **Edgar Lederer** et **René Tixier**, présentée par M. Maurice Javillier.

La présence dans l'ambre gris d'un pigment apparenté aux porphyrines a été signalée par M. Suzuki [2] en 1925. Quelques années plus tard, Y. Okahara [3] donna à la porphyrine extraite de l'ambre gris et obtenue sous forme d'une poudre brun rouge amorphe le nom d'ambraporphyrine. Si le spectre de ce pigment en solution éthérée était assez voisin de celui de la coproporphyrine, il se montrait différent en milieu alcalin. Par estérification avec l'alcool méthylique chlorhydrique, cet auteur obtenait un produit cristallisé en aiguilles brun rouge réunies en oursins.

Nous montrons dans cette Note que l'*ambraporphyrine est un mélange de protoporphyrine et de mésoporphyrine.*

---

(6) *Proc. Indian Ac. Sc.*, 15, 1942, p. 414 et *J. Mysore Univ.*, 4, 1943, p. 57.

(1) Séance du 22 septembre 1947.

(2) *Japan. Journ. medical. Sciences Trans.*, Abt. II, 1, 1925, pp. 31-42 et *Chem. Zentr.*, 1, 1926, p. 147.

(3) *Japan. Journ. of med. Sciences*, II, Biochem., 1, 1927, p. 247, et *Chem. Zentr.*, II, 1928, p. 365.

Partant de 150g de résidu d'ambre gris insoluble dans l'éther (correspondant à environ 1kg d'ambre), nous avons extrait les porphyrines par 1l d'alcool méthylique chlorhydrique à 10 %. Le solvant acide restant plusieurs jours en contact avec l'ambre gris, les porphyrines sont dissoutes et estérifiées. La solution alcoolique est séparée de la fraction insoluble, puis évaporée à sec dans le vide. Le résidu obtenu est repris par du chloroforme qui dissout les porphyrines. La liqueur chloroformique est ensuite lavée avec une solution de carbonate de sodium à 10 %, puis déshydratée avec du sulfate de sodium anhydre. Après concentration à environ 90cm³, la liqueur chloroformique est additionnée d'un égal volume d'éther de pétrole et chromatographiée sur alumine. Outre diverses zones jaune, orange et brun, nous distinguons deux zones principales, superposées, rouges, présentant en lumière ultraviolette une intense fluorescence rouge. Ces deux zones rouges sont séparées et les porphyrines éluées avec du chloroforme. Le spectre d'absorption de la solution chloroformique de la zone inférieure est : I, λ 623 mμ; II, λ 567 mμ ; III, λ 535 mμ; IV, λ 500 mμ; celui de la zone supérieure : I, λ 630 mμ; II, λ 575 mμ; III, λ 540 mμ; IV, λ 505 mμ.

Chacune de ces solutions est rechromatographiée séparément sur alumine, en employant pour le développement du chromatogramme un mélange d'une partie de chloroforme pour trois parties d'éther de pétrole. Les porphyrines de chaque zone sont, en outre, purifiées par dissolution dans l'éther et extraction par de l'acide chlorhydrique à 27 %; de nouveau, après neutralisation avec de l'acétate de sodium, les porphyrines sont reprises par du chloroforme et recristallisées dans un mélange chloroforme-alcool méthylique.

Protoporphyrine IX. — L'aspect cristallin de la porphyrine de la zone supérieure est caractéristique de l'ester méthylique de la protoporphyrine; F. 224-225° (corr.). Le mélange de ce pigment et de l'ester méthylique de la protoporphyrine IX ne montre aucun abaissement du point de fusion. Analyses : $C_{36}H_{38}O_4N_4$; calculé : C %, 73,19; H %, 6,49; trouvé : C %, 72,71; H %, 6,52. Le spectre dans le visible de la solution chloroformique est superposable à celui de la protoporphyrine : I, λ 630 mμ; II, λ 575 mμ; III, λ 539 mμ; IV, λ 504 mμ. L'identité des deux pigments a été, en outre, confirmée par une chromatographie mixte.

Mésoporphyrine IX. — La porphyrine de la zone inférieure cristallise en petites tablettes de F 210-214°. Forme cristalline et point de fusion sont semblables à ceux de l'ester méthylique de la mésoporphyrine. Le mélange de ces deux pigments ne montre aucun abaissement du point de fusion. Analyses : $C_{36}H_{42}O_4N_4$; calculé : C % 72,69; H % 7,11; trouvé : C % 72,02; H % 7,48. Le spectre dans le visible de la solution chloroformique est superposable à celui de l'ester méthylique de la mésoporphyrine IX : I λ 623 mμ; II λ 567 mμ; III λ 532 mμ; IV λ 499 mμ. L'identité des deux pigments a été en outre confirmée par une chromatographie mixte.

La mésoporphyrine a été précédemment isolée des fécès de malades du foie et d'un cas de porphyrie (4).

(4) K. Zeile et B. Rau, *Z. physiol. Chem.*, **230**, 1937, p. 197 et W. Grotepass et A. Defalque, *Z. physiol. Chem.*, **252**, 1938, p. 155.

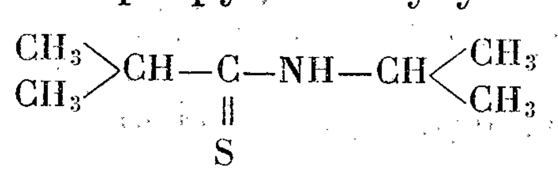
Signalons que la protoporphyrine IX se trouve en petite quantité dans les fèces de l'homme et qu'elle a été signalée dans l'intestin, en particulier lors d'hémorragie ou d'ingestion de sang (5). Par ailleurs l'hémoglobine et le sang attaqués par les bactéries intestinales donnent de la protoporphyrine. La présence de porphyrines dans l'ambre gris pourrait s'expliquer de la façon suivante : les becs de seiches avalés par les cachalots provoquent des hémorragies dans l'intestin de ces Cétacés; l'hémoglobine est transformée par les bactéries en protoporphyrine dont une partie est ensuite réduite en mésoporphyrine.

1^{kg} d'ambre gris nous a donné environ 30^{mg} de protoporphyrine et 10^{mg} de mésoporphyrine cristallisées.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur la sulfuration du groupe peptidique.* Note (1) de M. **Michel Backes**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

Après avoir constaté (2) que les réactions de l'aniline avec le groupe peptidique des amides monosubstituées ne s'appliquaient pas à la glycylglycine et à la dicétopipérazine, nous avons cherché à savoir si la sulfuration des amides pouvait s'appliquer aux polypeptides.

Les amides non substituées, sous l'action de P_2S_5, échangent leur oxygène contre du soufre (3). Nous avons vérifié que la réaction s'applique avec la même facilité aux amides monosubstituées sur l'azote. La N-isopropyl-isobutyrylamide, traitée par P_2S_5 dans le benzène à l'ébullition, nous a donné, avec un rendement de 68 %, la N-isopropyl-isobutyrylthioamide



Dosage de S : trouvé 21,6 %; calculé 22,07 %.

Poids moléculaire par cryoscopie dans C_6H_6 : trouvé 143; calculé 145. C'est un liquide légèrement jaune qui bout à 124°,5 sous 18^{mm} Hg.

On sait par les travaux de Gabriel (4) que les thioamides non substituées se condensent avec certaines amines halogénées, prises à l'état de sel d'acide halogéné. La thioamide intervient sous sa forme énolique. Ces condensations se font avec élimination des 2H disponibles sur le groupe $-\underset{\displaystyle SH}{\underset{|}{C}}{=}NH$ et il en résulte des dérivés cycliques comportant un atome de soufre dans le cycle.

(5) H. Fischer et H. Orth, *Die Chimie des Pyrrols*, 1937, pp. 398-399.

(1) Séance du 22 septembre 1947.

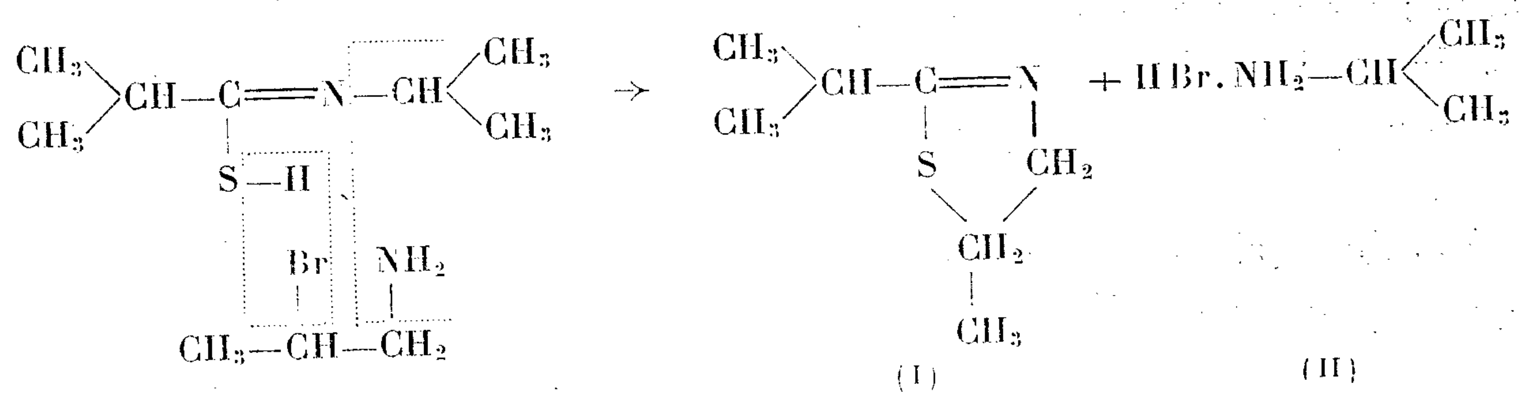
(2) *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 1667.

(3) Kindler, *Liebigs Ann.*, **431**, 1923, p. 189.

(4) *Ber. d. d. Chem. Ges.*, **43**, 1916, p. 1110.

Théoriquement, ce genre de condensation n'était plus possible avec les thioamides monosubstituées, par suite du manque d'hydrogène.

L'expérience nous a montré que la réaction se passe néanmoins suivant le mécanisme de Gabriel : c'est le radical isopropyle qui joue le rôle de l'hydrogène manquant. La réaction s'écrit donc :



(I) (II)

Nous avons obtenu la condensation de la N-isopropyl-isobutyrylthioamide avec le bromhydrate de bromo 2-propylamine en chauffant le mélange des deux à 150°. Après isolement et purification, il résultait de cette opération la méthyl-5 isopropyl-2 thiazoline (I) et l'isopropylamine (II).

La méthyl-5 isopropyl-2 thiazoline est un liquide très mobile, à odeur caractéristique, qui bout à 175-176° sous 760 mm/Hg.

Analyse élémentaire.	C	H	N
Trouvé %	58,0	9,3	10,0
Calculé %	58,7	9,1	9,8

Poids moléculaire par cryoscopie dans C_6H_6 :

Trouvé, 139; Calculé, 143.

Nous avons essayé de transposer les résultats obtenus avec une amide monosubstituée dans le domaine des polypeptides. Pour disposer d'un groupe peptidique qui ne fût pas sous l'influence directe des groupes terminaux $-NH_2$ et $-COOH$, nous avons choisi pour nos essais la triglycylglycine. Dans le benzène à 80°, l'action de P_2S_5 est nulle. A 120° dans le naphtalène fondu, il y a une réaction lente qui fournit un produit phosphoré. Seul, l'emploi d'un solvant polaire, l'acétamide, a permis d'obtenir une réaction rapide, légèrement exothermique. La triglycylglycine et P_2S_5, également insolubles dans l'acétamide, réagissent à 80° et le produit de la réaction se dissout intégralement dans l'acétamide. Il est insoluble dans l'alcool et très soluble dans l'eau. C'est ce qui a permis de l'isoler et de le purifier. Il se présente alors sous forme d'une poudre ténue, contenant 4,4 % de phosphore et 7,5 % de soufre. En solution dans l'eau il perd assez rapidement P et S. Il s'agit très probablement d'un dérivé sulfophosphoré de la fonction $-NH_2$ terminale, tel que

$$P_2S_5[NH-CH_2-(CO-NH-CH_2)_3-COOH]_4.$$

En résumé, le groupe —CO—NH— médian de la triglycylglycine ne réagit pas avec P_2S_5, alors que le même groupe, pris dans une amide monosubstituée, réagit facilement.

MAGNÉTISME. — *Une méthode de mesure de perméabilité magnétique applicable aux champs faibles dans un large domaine d'ondes hertziennes.* Note de M. **Israël Epelboim**, présentée par M. Aimé Cotton.

Nous avons déjà signalé quelques aspects du comportement des ferromagnétiques en basse fréquence [1] et aux ondes très courtes [*J. de Physique* (à l'impression)]. Leur utilisation s'étend de plus en plus vers les courtes longueurs d'onde, et cependant les courbes de perméabilité d'un même échantillon indiquées jusqu'ici se rapportent, en général, à un domaine de fréquence relativement très restreint. De plus, en haute fréquence, la plupart des mesures ne permettent pas de conclure à l'absence de l'hystérésis, et sont relatives à des noyaux à circuit magnétique ouvert. Il en résulte une incertitude concernant l'effet du champ et la répartition de celui-ci aux extrémités de l'échantillon dans un large domaine de fréquences.

L'objet de cette Note est d'indiquer la méthode et les dispositifs utilisés, soit à la Sorbonne, soit au Laboratoire National de Radioélectricité pour mesurer les deux perméabilités effectives initiales *conservative* et *consomptive* d'un même échantillon annulaire, le principe étant de faire des mesures relatives depuis les fréquences industrielles jusqu'aux ondes métriques, à l'aide d'un jeu de bobines démontables.

Nous avons déjà montré [1] que lorsque l'induction et le champ sont deux grandeurs sinusoïdales, les diverses perméabilités effectives se déduisent des impédances $R+jL\omega$ et $R_0+jL_0\omega$ de la bobine avec et sans noyau, corrigées de la capacité répartie. Considérons donc un noyau magnétique annulaire de section S_f, placé à l'intérieur d'une bobine démontable de section S_0. Les perméabilités effectives conservative et consomptive μ_1 et μ_2 peuvent se mettre sous la forme :

$$\mu_1 = 1 + V\left(\frac{L}{L_0} - 1\right), \qquad \mu_2 = V\frac{R - R_0}{L_0\omega} \qquad \text{avec} \quad V = \frac{S_0}{S_f}.$$

Le principe de la méthode est de choisir, pour un matériau donné et pour un domaine de fréquences aussi large que possible, une valeur du rapport V telle qu'à une fréquence déterminée les mesures des impédances de la bobine avec et sans noyau soient effectuées dans des conditions suffisamment voisines.

En basse fréquence, nous obtenons les perméabilités initiales par extrapolation. Par contre, celles-ci sont mesurées directement en haute fréquence,

(1) *Thèse*, Paris, 1946; *Rev. Gén. d'Elect.*, 55, 1946, pp. 271 et 310.

dans des champs suffisamment faibles pour qu'elles n'en dépendent pas, et ceci est vérifié à chaque fréquence par le tracé de la courbe de résonance.

Avec les dispositifs employés, la bobine démontable déjà décrite (1) est utilisable, dans le cas le plus favorable, jusqu'à 12 Mc/s. Pour dépasser cette limite, il a fallu construire un nouveau type de bobine dont le diamètre intérieur ne soit plus limité par les axes d'assemblage. Ceux-ci ont été remplacés par deux cylindres en laiton, solidaires chacun du demi-bobinage et coulissant l'un dans l'autre. Une première bobine nous a permis d'élargir le domaine de mesure jusqu'à 25 Mc/s, et deux autres qui sont actuellement en construction doivent nous permettre d'atteindre 100 M c/s environ.

Aux basses fréquenes nous utilisons un pont de Maxwell muni d'un pont de Wagner. La fréquence de l'oscillateur est contrôlée d'une manière continue par comparaison avec une fréquence fixe, et le courant est mesuré directement à l'aide d'un thermocouple. Les perméabilités se déterminent uniquement en fonction de la résistance et de la capacité variables du pont.

En haute fréquence, nous utilisons divers circuits résonnants qui seront décrits en détail par ailleurs. Les oscillateurs sont choisis suffisamment puissants pour assurer un très lâche couplage avec le circuit de mesure. La tension est lue selon les fréquences, soit avec un millivoltmètre spécialement construit pour cet usage, soit avec un voltmètre à très faibles pertes. Les différents points de la courbe de résonance de tension sont obtenus grâce à une capacité cylindrique dont les variations linéaires sont relevées à l'aide d'une vis micrométrique.

On peut facilement démontrer, grâce aux formules usuelles des circuits de résonance, que mesurer les caractéristiques de la bobine démontable avec et sans noyau, aux mêmes fréquences et dans des conditions voisines, permet d'éliminer les divers éléments parasites. Les expressions des perméabilités effectives se déterminent alors à partir de la capacité vraie et de la largeur de la courbe de résonance pour un affaiblissement donné de la tension, respectivement pour la bobine avec et sans noyau.

Nous avons déjà appliqué cette méthode et ces dispositifs de mesure à l'étude de noyaux à faibles perméabilités et de sections relativement grandes. Pour deux noyaux en poudre de fer, le premier aggloméré industriellement et déjà étudié jusqu'à 5,3 Mc/s, le second isolé dans du caoutchouc et déjà étudié jusqu'à 22,5 Mc/s, nous avons trouvé que les perméabilités conservatives qui sont respectivement de 15 et de 3,7 ne présentent pas encore de dispersion.

Nous les avons également appliquées à l'étude de noyaux de haute perméabilité et constitués d'une seule spire en ruban de faible section qui évite les effets parasites entre les spires. Le permalloy (76 % Ni, 1,5 % Mn), déjà étudié en basse fréquence avec une autre méthode (1) sous forme d'un ruban à plusieurs spires isolées, a pu être mesuré jusqu'aux fréquences de 25Mc/s et les anomalies signalées ont été confirmées. En particulier, la forte dispersion

de la perméabilité conservative trouvée aux fréquences acoustiques pour le permalloy trempé a été retrouvée aux fréquences plus élevées pour le permalloy recuit.

En résumé, l'avantage de la méthode proposée ici est de pouvoir mesurer en l'absence de l'hystérésis les perméabilités conservatives et consomptives d'un même échantillon à circuit magnétique fermé et dans une bande de fréquences plus large que celle qui a été déjà étudiée. Les premiers résultats expérimentaux dans une bande de fréquence qui, provisoirement, ne dépasse pas 25 Mc/s, montrent que notre méthode s'applique à un noyau ferromagnétique quelles que soient la valeur de sa perméabilité et sa variation avec la fréquence.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Influence de l'état physicochimique de l'uranium sur ses spectres X d'absorption.* Note (¹) de M^lle **Ioana Manescu**, présentée par M. Jean Cabannes.

J'ai étudié l'influence de l'état chimique et physique de l'uranium sur son spectre d'absorption L. Les spectres ont été pris à l'aide d'une technique analogue à celle utilisée par M^lle Cauchois et moi-même pour le métal (²). Les expériences ont porté sur les oxydes UO_2 et UO_3 et sur plusieurs sels hydratés de valence 4 (phosphate et sulfate) et 6 (nitrate, acétate et sulfate d'uranyle), solides, ainsi qu'en solution aqueuse. Tous les absorbants avaient une densité superficielle correspondant à environ 20^{mg} d'uranium par cm^2, déjà choisie pour le métal (*loc. cit.*). Les solutions étaient placées dans une cuve à faces parallèles en mica, suivant la technique indiquée par M^lle Cauchois (³). Si l'on dispose l'écran entre la fenêtre du tube à rayons X et le cristal du spectrographe, le spectre de fluorescence se superpose au spectre d'absorption et la raie d'émission $L\beta_1$ gêne la mesure de la première raie noire du spectre d'absorption. J'ai donc dû mettre l'absorbant au delà du cristal, à environ 2^{cm} de celui-ci, sans pouvoir protéger la plaque contre la réémission globale. Dans notre premier travail, nous avions utilisé la réflexion de second ordre sur les plans ($\bar{2}01$) d'un mica qui donnait ainsi 6uX/mm et un très bon pouvoir séparateur. Afin de réduire les temps d'exposition, pour étudier un grand nombre d'échantillons, j'ai employé seulement le premier ordre de ($\bar{2}01$) et le plus souvent (100), dont le deuxième ordre est pratiquement absent et qui fournit des clichés plus clairs sur lesquels les structures d'absorption lointaines, faibles, sont devenues visibles; mais la dispersion n'est que de 12,6 uX/mm et la résolution est nettement moins bonne. Les premières structures au voisinage des discontinuités ne sont pas résolues ici. Cependant, les valeurs obtenues pour les trois discontinuités du métal sont en bon accord avec les valeurs publiées (*loc. cit.*), que j'ai conservées dans le Tableau.

(¹) Séance du 4 août 1947.

(²) *Disqu. Mat. et Phys.*, T. I, F. I, 1940, p. 117.

(³) *Comptes rendus*, 224, 1940, p. 1556.

	L_{III}						
	Disc.	Min.	α.	A.	β.	B.	γ.
U métal...	720,76	720,17	719,50	718,7	717,8	716,3	714,7
UO_2......	720,64	720,16	719,50	718,6	717,6	716,2	714,5
UO_3......	720,54	720,03	719,30	718,5	717,7	716,1	714,9

	L_{II}							L_I
	Disc.	Min.	α.	A.	β.	B.	γ.	Disc.
U métal..	590,71	590,17	589,7	589,0	588,5	587,3	586,2	568,28
UO_2.....	590,62	590,12	589,7	588,7	588,3	586,9	585,6	568,10
UO_3.....	590,50	590,00	589,4	588,8	588,1	586,7	586,1	568,04

Les composés étudiés se divisent nettement, d'après la position des discontinuités, en deux groupes correspondant respectivement aux valences 4 et 6. S'il y a de petites différences d'un composé à l'autre, elles ne sortent pas de l'erreur expérimentale probable sur mes mesures. J'ai retenu dans le Tableau les résultats obtenus pour les deux oxydes. On voit que la discontinuité se déplace vers les courtes longueurs d'onde lorsque l'on passe du métal aux composés de valence 4, puis à ceux de valence 6. L'altération des bandes d'énergie des électrons extérieurs en jeu augmente avec la valence; pour L_{III} et L_{II} elle passe d'environ + 3 eV pour U^{4+} à environ + 6 eV pour U^{6+}, par rapport au métal; pour L_I, d'environ 7 eV pour U^{4+} à 11 eV pour U^{6+}. Un accroissement de la fréquence d'absorption avec la valence est conforme à ce que l'on doit attendre théoriquement. D'ailleurs Kunzl ([4]) a montré, d'après des mesures de divers auteurs sur les spectres d'absorption K des éléments de numéro atomique 14 à 26 et sur les spectres L des éléments 50 à 53, libres ou combinés à l'oxygène, que le déplacement, exprimé en fréquence, est indépendant du numéro atomique et augmente linéairement avec la valence. Mes observations confirment le sens du déplacement, mais lui donnent un autre ordre de grandeur pour l'uranium que pour les éléments plus légers. Le pouvoir séparateur est trop faible pour me permettre de mesurer correctement les diverses structures que l'on peut voir sur la discontinuité elle-même. Je n'ai donc pas eu à tenir compte des retouches suggérées par Borovsky et Weinstein ([5]) pour l'application de la règle de Kunzl.

Tous les échantillons, y compris le métal, donnent un minimum d'intensité au voisinage de la discontinuité, minimum probablement résoluble pour les composés comme nous l'avions résolu pour le métal (*loc. cit.* 1), sous une dispersion plus grande. Il doit comprendre, entre autres, les transitions pd, ps, vers les parties inoccupées des bandes s, d. Il est suivi de plusieurs autres minima et maxima dont la position, l'intensité relative, la largeur et le contraste varient plus ou moins suivant le cas. On observe une différence nette dans l'aspect des

([4]) *Coll. Trav. Tchécoslovaquie*, IV, 5, 1932, p. 213.

([5]) Borovsky et Weinstein, *Bull. Ac. Sc. U. R. S. S.*, 5, 1942, p. 308; Weinstein, *ibid.*, 6, 1942, p. 412.

strutures L_{III} entre les composés correspondant soit à la valence 4, soit à la valence 6. Ainsi, l'oxyde UO_2 et les sels de U^{4+}, solides ou en solutions saturées, à 1/3 saturées, donnent une première raie noire fine et intense α, une deuxième moins forte β, une troisième plus large et floue γ; on retrouve à peu près le même aspect général que pour le métal dans les mêmes conditions d'expérience. Par contre, l'oxyde UO_3 et les sels d'uranyle donnent une première raie noire moins forte et plus fine α, une deuxième β plus forte que la première et une troisième γ, large mais moins éloignée de la discontinuité que dans le cas précédent. D'autres structures que l'on entrevoit échappent ici à toute mesure suffisamment précise. Je n'ai pas pu tenter une comparaison des structures d'absorption des différents composés avec leurs structures cristallines. Les structures L_{II} sont moins nettes; je n'ai pas mesuré les structures L_I.

Je n'ai pas observé de différences appréciables entre le spectre d'un sel solide et celui de sa solution aqueuse. L'arrangement des ions dans les solutions de nitrate et de chlorure d'uranyle a été étudié par Prins d'après les halos de diffraction [6]. Il a conclu à un état d'ordre relatif, à un « super-arrangement ». L'existence des minima et maxima d'intensité que j'observe dans l'absorption L jusqu'à des énergies de l'ordre de 200 eV, indique également un état à peu près ordonné jusqu'à des distances notables de l'atome d'uranium. Un groupement régulier des molécules d'eau autour de l'ion expliquerait l'analogie entre sel hydraté et soluté.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur l'existence de cénapses protéines-acides biliaires dans les cestodes* (Moniezia expansa et Tænia saginata). Note de MM. **Naïm Kent** et **Michel Machebœuf**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

Si l'on congèle un cestode, on peut le broyer puis le délipider par de l'alcool très froid (— 18° C) et par de l'éther froid. On obtient ainsi une poudre qui livre abondamment des protéines par macération dans de l'eau distillée. Si l'on soumet la solution protéique à une dialyse sous pression, on élimine diverses substances non protéiques et l'on concentre la solution; on voit alors se former un abondant précipité blanc qui ne se remet plus en solution si l'on dilue, même en ajoutant du chlorure de sodium et même en ramenant le pH à 7,15 par un tampon phosphaté M/30.

La matière précipitée n'a donc pas été simplement insolubilisée par le départ de sel ou l'abaissement du pH pendant la dialyse. Le précipité est riche en protéines car il donne par hydrolyse un mélange d'aminoacides parmi lesquels nous avons identifié par microchromatographie les acides aspartique et glutamique, la sérine, l'alanine, la leucine, beaucoup d'arginine et de valine et un peu d'histidine.

Cependant la teneur du précipité en azote est seulement 8,6 %; il ne s'agit

(6) *Physica*, II, 9, 1935, p. 1016.

donc pas d'une protéine isolée. Nous avons recherché quelles pouvaient être les substances qui accompagnaient les protéines dans leur précipitation.

Nous n'avons pas trouvé de phosphore, ni de glucides libérables par hydrolyse, ni de lipides, ni de stérol. Après divers essais préliminaires, nous sommes parvenus à séparer les protéines des substances qui les accompagnaient, mais il a fallu pour cela pratiquer une longue alcoolyse en épuisant par de l'alcool bouillant pendant 40 heures. Encore après ce temps, l'extraction n'était-elle pas totale puisque la teneur en azote des protéines restées insolubles ne s'était élevée qu'à 13 p. 100.

Pendant l'alcoolyse, on voit progressivement le résidu protéique insoluble se teinter en rose. Finalement, l'alcool a dissous des quantités importantes de substances organiques qui, après évaporation du solvant, se présentent sous l'aspect d'une masse confusément cristalline soluble dans le chloroforme et soluble également dans l'eau. Leur solution aqueuse mousse abondamment. L'analyse élémentaire et l'étude des propriétés physiques nous ont fait penser qu'il pouvait s'agir d'acides biliaires, et effectivement nous avons pu obtenir avec intensité la réaction de Pettenkhoffer. Un poids donné de la matière étudiée donne cette réaction avec une intensité égale à 75 p. 100 environ de celle donnée par un poids égal de taurocholate de sodium. Nous devons donc avoir affaire dès maintenant, sans purification, à un acide biliaire peu souillé ou à un mélange d'acides biliaires, puisque l'acide taurocholique est l'acide biliaire qui donne avec le plus d'intensité la réaction de Pettenkhoffer dans les conditions où nous avons opéré. Nous n'avons pas poussé plus loin jusqu'ici l'identification, car nos échantillons étaient trop minimes.

Comme le sel biliaire séparé de la protéine est soluble dans l'eau et que dans notre précipité il résistait à la dialyse et à tous les lavages à l'eau, nous devons conclure qu'il est agrégé à la protéine qui l'a entraîné dans sa précipitation par dialyse. La teneur en acide biliaire du précipité est considérable, elle dépasse 43 %.

Dans le cas de Moniezia dont on obtient plus facilement des échantillons, nous avons pu opérer quantitativement et nous faire une idée de la teneur du cestode en ces cénapses protéines-acides biliaires extractibles par l'eau distillée et précipitant par dialyse. Pour 10^{g} de matière sèche de vers délipidés, nous avons obtenu 0^{g},17 de précipité. L'eau distillée extrait naturellement d'autres protéines qui ne précipitent pas par dialyse; nous ne nous en occupons pas dans la présente Note.

En résumé, nous avons séparé des cestodes, parasites des Mammifères, des cénapses protéines-acides biliaires curieuses, dont on ne connaît pas encore d'équivalent dans les autres êtres vivants.

BACTÉRIOLOGIE. — *Contribution à l'étude du métabolisme hydrocarboné des bactéries ferrugineuses.* Note ([1]) de MM. **Auguste Sartory** et **Jacques Meyer.**

Ayant eu l'occasion d'analyser une eau minérale ferrugineuse de Meltingen, Canton de Soleure, Suisse, nous avons pu constater que cette eau contenait une abondante flore ferrugineuse, dont nous avons pu isoler en culture pure deux germes : *Leptothrix ochracea* Kützing et *Gallionella ferruginea* Ehrenberg.

Nous avons profité de cette occasion pour étudier de plus près le métabolisme de ces bactéries, qui ont déjà fait l'objet de recherches et de discussions assez poussées, principalement de la part de Winogradsky ([2]), de Molisch ([3]), de Gicklhorn ([4]), de Lieské ([5]), de Cholodny ([6]) et de Waksman ([7]).

Isolement. — Nous avons obtenu la culture associée des deux germes sur le milieu suivant ; en présence de $0^g,5$ de limaille de fer :

Milieu synthétique minéral.

Eau minérale de Meltingen stérilisée	1000^{cm^3}
Sulfate d'ammonium	1^g
Sulfate de magnésium	0,05
Phosphate bipotassique	0,10
Nitrate de calcium	0,02

Dans ce milieu exempt de carbone, le développement de la culture débute à la température du laboratoire vers le troisième jour, au moment où le taux de l'anhydride carbonique de l'air et du milieu sont en équilibre. Ce fait s'observe par la formation de carbonate ferreux à la surface des grains de limaille de fer.

La quantité de carbone fixée par une culture de trois semaines à la température de 22° a été dosée au moyen de l'appareil de H. Engel ([8]) en présence d'oxyde cuivrique et de chromate de plomb d'un côté, de bioxyde de plomb de l'autre côté. Le taux de carbone était de 8,6 à 11,3 mg/l de culture.

Discussion. — Il se pose deux questions :

1° Est-ce que le fer est nécessaire comme intermédiaire pour activer et fixer le C de l'air et le rendre ainsi accessible aux deux bactéries.

2° Est-ce que le développement des deux bactéries est réalisé par l'énergie

---

([1]) Séance du 22 septembre 1947.

([2]) *Botan. Zeitung*, 46, 1888, p. 261; *Centralbl. f. Bakt.*, II, 1922, p. 57.

([3]) *Die Eisenbakterien*, Iéna, 1910.

([4]) *Studien an Eisenorganismen* (*Sitzungsber. Akad. Wien, Math. Nat.*, Kl., **129**, 1, 1920, p. 187).

([5]) *Jahrb. f. wissenschaftl. Botan.*, **49**, 1911, p. 91; *Zur Ernährungsphysiologie der Eisenbakterien* (*Centrabl. f. Bakt.*, II, **49**, 1919, p. 413).

([6]) *Die Eisenbakterien*, G. Fischer, Iéna, 1926; *Planta Arch. wissensch. Botan.*, **8**, 1929.

([7]) *Principles of Soil Microbiology*, The Willams et Wilkins Cy, Baltimore, 1932.

([8]) *Die Kohlensäureassimilation der Autotrophen Bakterien. In Methoden der Fermentforschung* von Baumann-Myrbäck., Leipzig, 1941, p. 2709.

que libère l'oxydation du composé ferreux en composé ferrique d'après la formule établie par Lieske :

$$4FeCO_3 + O_2 + 6H_2O = 4Fe(OH)_3 + 4CO_2 + 81\,000 \text{ calories.}$$

Afin de résoudre ces problèmes, nous avons jugé utile de séparer les deux germes pour essayer d'obtenir des cultures pures. Après de multiples essais nous avons réussi à isoler la souche de *Leptothrix ochracea* sur un milieu glucosé peptoné en présence de sulfates de fer et de manganèse.

Sur ce milieu, *Leptothrix ochracea* se développe rapidement sous forme de bâtonnets de 3 à 6^{μ} sur $0^{\mu},8$ à $1^{\mu},2$ (*Schwärmer* de Lieske), sans production de chaînettes ni de gaines ferrugineuses.

Gallionella ferruginea ne s'y développe pas. Elle a été isolée en culture pure sur plaque de gélose fraîchement préparée, à pH = 7,8 :

Milieu d'isolement pour Gallionella.

Eau minérale de Meltingen stérilisée	1000^{cm^3}
Carbonate de manganèse	$0^{g},1$
Gélose	15

Les deux organismes ont été ensuite cultivés séparément sur le milieu synthétique minéral dans lequel nous avons remplacé le fer par le carbonate manganeux. La croissance s'y effectue normalement. En remplaçant le carbonate manganeux par le chlorure manganeux le développement n'a pas lieu.

Le milieu synthétique minéral manganeux est placé dans notre Erlenmeyer modifié, aéré par de l'air dépourvu de CO_2 (après passage à travers des flacons laveurs contenant de la potasse). On remarque un développement initial avec incrustation manganique qui cesse rapidement (après 36 à 48 heures) pour *Gallionella ferruginea*. Le développement de *Leptothrix* y est plus luxuriant; cependant les gaines manganiques sont peu marquées.

Le passage d'un courant d'air purifié et mélangé à environ 1 % d'anhydride carbonique occasionne une réactivation de la croissance de *Gallionella*.

Le milieu synthétique minéral dépourvu de fer et de manganèse soumis à un passage d'air purifié et mélangé à environ 1 % d'anhydride carbonique reste stérile pour les deux organismes.

Interprétation. — Les deux bactéries semblent nécessiter la présence de fer ou de manganèse pour leurs besoins énergétiques et pour leurs pouvoirs de synthèse, réalisés par l'activation du carbone de l'air. Mais alors que le métabolisme hydrocarboné de *Gallionella ferruginea* semble être strictement chimio-autotrophe, celui de *Leptothrix ochracea* paraît être hétérotrophe ou plutôt *mixotrophe* (Lieske), puisqu'elle est capable d'assimiler le carbone du glucose (C organique) à l'aide d'un pouvoir énergétique puisé dans une réaction chimique d'oxydation de composés minéraux.

BACTÉRIOLOGIE. — *Extraction de la toxine tétanique et de la toxine de* Clostridium sordelli *à partir des corps bactériens.* Note de M. **Marcel Raynaud**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

Il est classique d'opposer les exotoxines, présentes seulement dans les filtrats de culture, aux endotoxines liées aux corps bactériens. A cette différence dans leur mode de formation, s'ajoutent des différences relatives à leur nature chimique et à leur taux de toxicité. En fait, ces distinctions schématiques ne correspondent pas toujours à la réalité. Certaines exotoxines peuvent être mises en évidence dans les corps bactériens : *Cl. botulinum* (1); *Sh. dysenteriæ* (2). Cependant, les toxines de *Pl. tetani* et de *Cl. sordelli* paraissent correspondre de façon typique à la définition des exotoxines : elles tuent l'animal à dose très faible et n'ont pu être mises en évidence que dans les filtrats de culture et jamais dans les corps bactériens. De plus, la toxine tétanique, bien étudiée au point de vue chimique, paraît être de nature holoprotéidique.

Recherchant une méthode simple d'extraction des toxines du bacille d'Eberth ne mettant en œuvre que des réactifs doux, nous avons constaté que les solutions contenant du chlorure de sodium à la concentration M/1 et du citrate de sodium à la concentration M/10 étaient capables d'extraire des corps bactériens des substances toxiques. Le chlorure de sodium à la concentration M/1 a été préconisé par Mirsky et Pollister (3) pour l'extraction des nucléoprotéines, tandis que le citrate de sodium est utilisé, suivant d'autres modalités, par Mac Carty (4), comme inhibiteur de la désoxyribo-dépolymérase.

Nous nous sommes alors demandé si la même solution ne serait pas susceptible d'extraire, des corps bactériens lavés de divers germes, les toxines présentes normalement dans les filtrats de culture. Les résultats ont été positifs avec *Pl. tetani* et *Cl. sordelli.* Nous avons obtenu des résultats négatifs avec le bacille diphtérique, avec le staphylocoque et avec *W. perfringens.* Mais nous pensons que, pour ces germes, la question doit être réexaminée. Les conditions expérimentales utilisées pour *Pl. tetani* et *Cl. sordelli* sont les suivantes. Souches : *Pl. tetani* n° L42; *Cl. sordelli* n° 82 de la collection du service des anaérobies. Un ballon de Joubert de 100^{cm^3} contenant du bouillon VF glucosé à 2 ‰ est ensemencé avec 5^{cm^3} d'une culture de douze heures. Après séjour à l'étuve à 37° pendant cinq heures, la culture est centrifugée. Le culot de centrifugation est lavé trois fois à l'eau physiologique, puis remis en suspension dans 10^{cm^3} d'une solution stérile M/1 en chlorure de sodium et M/10 en citrate trisodique. On laisse douze heures à 0°. On centrifuge alors et ce qui surnage est filtré sur bougie Chamberland L3.

---

(1) Nelson, *J. Inf. Dis.*, **41**, 1927, p. 302.
(2) Boivin et Mesrobeanu, *Comptes rendus*, **204**, 1937, p. 302.
(3) *Proceed. Nat. Acad. Sci.*, **28**, 1942, p. 334.
(4) *J. Gene. Physiol.*, **29**, 1946, p. 123.

La stérilité du filtrat est vérifiée par ensemencement en milieu liquide (bouillon VF en tube scellé dans le vide) et en milieu solide (gélose profonde de Vellon). La toxicité du filtrat est ensuite déterminée par dilution et inoculation à l'animal (Souris pour *Pl. tetani*, Cobaye pour *Cl. sordelli*). Les extraits ainsi préparés à partir des corps bactériens de *Pl. tetani* tuent la souris, en 4 à 5 jours, à la dose de 1/100 000 à 1/200 000 de centimètre cube. Les extraits de *Cl. sordelli* tuent le Cobaye à la dose de 1/100 à 1/500 de centimètre cube. Par ailleurs, si au lieu de la solution de chlorure de sodium et citrate, on emploie, pour l'extraction, de l'eau distillée, on constate, dans le cas de *Pl. tetani*, que l'inoculation à la Souris de 1^{cm^3} du liquide ainsi obtenu ne provoque aucun accident. Le résultat est surtout frappant dans le cas de *Pl. tetani*, car la symptomatologie si particulière des accidents provoqués par la toxine élaborée par ce germe permet d'affirmer que la substance que nous avons extraite est bien identique à la toxine tétanique, présente dans les filtrats de culture, ou tout au moins qu'elle en est très voisine. De plus on constate que l'élaboration de la toxine par le germe est extrêmement précoce, puisque les résultats précédents ont été obtenus avec des cultures de cinq heures. Au bout de ce temps, la quantité de toxine présente dans le filtrat de culture est faible. Il est probable que ces résultats amèneront la révision de certaines données classiques sur les conditions optima de la toxinogénèse dans le cas de *Pl. tetani* et de *Cl. sordelli* et vraisemblablement d'autres germes.

Ces conditions ont en effet été jusqu'à présent définies en suivant la toxinogénèse par des mesures effectuées sur les filtrats de culture. Or la présence de la toxine dans le milieu de culture résulte très probablement de phénomènes secondaires et peut-être contingents au sujet desquels on ne peut pour l'instant que formuler des hypothèses. Le contrôle de ces facteurs est certainement difficile, comme le prouvent les fréquentes irrégularités observées dans la préparation des toxines à partir d'une souche bien déterminée. Nous avons pu effectuer l'extraction de la toxine à partir de corps bactériens obtenus comme résidus d'un lot de fabrication de toxine tétanique titrant 26 unités de floculation par centimètre cube. L'extrait que nous avons obtenu tuait la Souris au 1/100000 de centimètre cube. Ceci montre que mêmes dans les conditions habituelles d'obtention de la toxine, il reste des quantités importantes de cette dernière dans les corps bactériens.

En résumé, l'extraction par les solutions de chorure de sodium M/1 et de citrate de sodium M/10 permet d'obtenir à partir des corps bactériens lavés de *Pl. tetani* et de *Cl. sordelli*, les exotoxines qui se trouvent donc présentes dès le début de la croissance à l'intérieur ou à la surface de ces germes.

CANCÉROLOGIE. — *Recherches sur l'action cancérigène éventuelle du cholestérol irradié par les rayons* X. Note de M. **René Truhaut**, présentée par M. Marcel Delépine.

C'est un fait classique que les rayons X, aussi bien d'ailleurs que les radia-

tions émises par le radium, peuvent, à doses suffisantes, provoquer la cancérisation. Pour expliquer cette action, on peut penser à une transformation en substances cancérigènes, sous l'influence de ces agents physiques, de composés biologiques existant dans l'organisme. Le composé dont le nom vient immédiatement à l'esprit est le cholestérol, à la fois parce qu'il est universellement répandu dans les tissus animaux, et parce que sa constitution est très proche de celle de carbures cancérigènes très actifs, comme, par exemple, le cholanthrène et le méthylcholanthrène, qu'il peut servir à synthétiser.

En outre, récemment, K. Dobriner et ses collaborateurs ([1]) ont, par l'utilisation combinée des réactifs chimiques, de l'adsorption chromatographique et de la spectrographie dans l'infrarouge, démontré l'existence, dans l'urine des cancéreux, d'α-cétostéroïdes anormaux, la Δ.9-étiocholénol-3.α.one-17 en particulier, qui mettent en évidence un métabolisme profondément perturbé des stérols au cours des états cancéreux.

Divers auteurs ont d'ailleurs incriminé des produits de transformation du cholestérol dans l'apparition, par action de la chaleur sur des lipides alimentaires, de propriétés cancérigènes. D'autres ont rapporté la production de cancers cutanés, sous l'action, dans certaines conditions, des radiations solaires ou ultraviolettes, à des transformations photochimiques portant sur le cholestérol.

En 1937, enfin, H. Burrows et W. V. Mayneord ([2]) publièrent que l'injection à la Souris, d'une solution de cholestérol dans du saindoux, après irradiation avec de fortes doses de rayons X (60 000 r. et 100 000 r.), conduit à la production de sarcomes fuso-cellulaires chez 10 % des animaux mis en expérience (20 Souris).

Étant donné l'importance du problème, il nous a semblé intéressant de reprendre ces expériences, en nous proposant d'ailleurs de les étendre à d'autres molécules stéroliques. Nous avons opéré avec du cholestérol dissous, non plus dans un solvant lipidique qui peut lui-même subir des modifications sous l'influence de l'irradiation, mais dans un solvant organique inaltérable dans ces conditions. Nous avons éliminé les solvants chlorés de la série grasse, tels que le chloroforme et le tétrachlorure de carbone, qui sont décomposés par les rayons X, avec production de chlore libre susceptible de réagir ensuite sur le cholestérol, et nous avons choisi le benzène qui a été spécialement purifié.

Le cholestérol que nous y avons dissous, à la concentration de 5 g/100$^{cm^3}$, était du cholestérol purifié de F 146°,5-147° et $\alpha_D^{20} = -38°$ ($c = 0{,}02$ dans $CHCL_3$).

La dose de rayons X employée a été de 100000 r, avec une irradiation de 22 minutes, pratiquée suivant la technique de M. Friley ([3]).

Après irradiation, nous avons chassé le solvant sous pression réduite et en

([1]) *Science*, **99**, 1944, p. 494 et *IVe Congrès International de recherches sur le Cancer*. Saint-Louis-du-Missouri, U. S. A., 1947.

([2]) *Am. J. Cancer*, **31**, 1937, p. 484-485.

([3]) *J. Radiol. et Electrol.*, **26**, 1944-45, p. 82.

atmosphère d'azote, et le cholestérol ainsi irradié a été mis en suspension dans l'huile d'olive neutralisée et stérilisée, à la concentration de 20 % ($0^g,20$ de cholestérol irradié par centimètre cube).

Dans les mêmes conditions, nous avons préparé une suspension huileuse à 20 % de cholestérol purifié.

Le matériel animal utilisé dans notre expérimentation était constitué par 60 Souris, âgées de 4 mois, par moitié mâles et femelles, et provenant du même élevage. Nous les avons réparties en trois lots de 20.

Dans chacun des lots, chaque animal a reçu, en injection sous-cutanée, 1^{cm^3} de liquide huileux, variable avec le lot considéré : suspension huileuse de cholestérol irradié (lot 1), suspension huileuse de cholestérol non irradié (lot 2), huile d'olive (lot 3).

Voici, condensés dans le tableau ci-dessous, les résultats obtenus :

Lot 1.	Lot 2.	Lot 3.
1 lymphosarcome chez une ♀ morte en 75 jours (tumeur spontanée)	1 huilome chez une ♀ (69 jours)	1 papillome chez un ♂ (10 mois 1/2) 1 sarcome fuso-cellulaire chez une ♀ (16 mois)

Nous tenons à souligner que c'est la première fois, malgré une expérimentation déjà longue et ayant porté sur de nombreux animaux, que nous avons observé la production d'un cancer chez des animaux ayant reçu une injection d'huile d'olive. Il doit donc s'agir d'une coïncidence.

En conclusion de cette série d'expériences, il nous paraît légitime d'affirmer que le cholestérol irradié par les rayons X ne possède pas de propriétés cancérigènes. D'ailleurs, l'examen chimique (réactions de coloration et de précipitation) et physique (F pouvoir rotatoire, spectre dans l'ultraviolet) ne nous a révélé aucune différence entre le cholestérol irradié et le cholestérol purifié dont nous étions partis.

Il nous paraît également intéressant d'opposer nos résultats négatifs avec le cholestérol *purifié* aux résultats positifs obtenus par nous-mêmes avec la fraction de l'insaponifiable du foie de sujets cancéreux précipitable par le digitonoside, fraction constituée par du cholestérol presque pur [4], et aussi tout récemment par I. Hieger [5] avec du cholestérol *commercial* injecté à la Souris en solution dans du saindoux.

Si la susceptibilité individuelle des animaux n'est pas en cause, cela tendrait à démontrer la présence, dans le cholestérol *commercial*, d'impuretés fortement cancérigènes qui se rapprochent vraisemblablement des substances responsables de l'activité cancérigène de la fraction des stérols précipitables par le digitonoside dans l'insaponifiable du foie de sujets cancéreux.

---

(4) *Thèse de Doctorat en Pharmacie d'État*, Paris, 1947.

(5) 4e *Congrès International de recherches sur le Cancer*. Saint-Louis-du-Missouri, U. S. A., 1947.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Processus de l'action accélératrice exercée, en de certaines conditions, par la pénicilline sur l'évolution de la tuberculose expérimentale du Cobaye.* Note (¹) de MM. **Charles Rivière**, **Maurice Thely** et **Gabriel Gautron**, présentée par M. Maurice Javillier.

a. Nous avons décrit récemment (²) l'action de la pénicilline sur l'évolution de la tuberculose expérimentale. Nous avons constaté que la pénicilline, injectée à la dose de 10 à 30 unités par gramme d'animal et par jour à des cobayes tuberculisés depuis peu, entraîne une mort rapide avec réaction ganglionnaire et quelques signes méningés (51 cobayes traités et 56 témoins).

Nous avons, depuis, effectué de nombreuses expériences pour préciser ce phénomène. En voici les conclusions successives :

b. *La mort est bien due aux germes tuberculeux injectés*, et non à quelque autre affection latente ou surajoutée : Les broyats d'organes des cobayes, tuberculisés et morts lors du traitement à la pénicilline, ne font mourir les nouveaux animaux inoculés qu'à longue échéance, de tuberculose classique (expériences sur 10 cobayes).

c. *C'est bien la pénicilline qui est responsable de la mort des cobayes en a* : nous avons recommencé avec de la pénicilline G cristallisée pure Rhône-Poulenc (³), les expériences (*a*), décrites le 30 juin, avec 100 % de résultats positifs (15 cobayes traités et 5 témoins).

d. *L'action accélératrice de la pénicilline ainsi constatée, marche de pair avec son pouvoir bactériostatique* (déterminé sur le staphylocoque d'Oxford selon les techniques connues) et, si l'on effectue les mêmes expériences qu'en *a* avec la pénicilline G inactivée par la chaleur, la tuberculose suit cette fois son cours normal (expériences sur 16 cobayes).

e. Les symptômes qui accompagnent la mort des cobayes traités par la pénicilline sont peu visibles (ganglions hypertrophiés non caséeux). *Pour prouver l'origine infectieuse de ces symptômes*, nous avons réinoculé en série des cobayes avec les broyats de divers organes prélevés au moment de la mort : ganglions, puis rate, foie, sang, enfin cerveau et moelle épinière. Les animaux inoculés avec ces extraits et immédiatement traités par la pénicilline sont tous morts dans un délai de 15 jours et plus souvent au 4ᵉ jour. Des passages successifs de cobaye à cobaye ont été réalisés avec toujours le même résultat et les mêmes symptômes (expériences sur 47 animaux et 15 témoins). Sans le traitement à la pénicilline, rien de semblable ne se produit (voir *b*) et il se développe à échéance normale une tuberculose classique.

(¹) Séance du 22 septembre 1947.

(²) *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 1856.

(³) Nous remercions M. le Professeur Paul et les Ets Rhône-Poulenc qui nous ont procuré gracieusement une importante quantité de pénicilline G cristallisée titrant 1530 U/mg. Dans chaque groupe d'expériences un contrôle a été pratiqué en utilisant cette pénicilline pure.

f. De semblables expériences ont été effectuées avec les mêmes résultats, en inoculant diverses souches virulentes de bacille humain. Nous décrirons ultérieurement les résultats obtenus avec une souche avirulente (B.C.G.).

g. Si le traitement à la pénicilline est effectué plusieurs semaines après l'inoculation de B.K., la mortalité due au traitement diminue (50 % seulement de morts dans les 20 premiers jours de traitement, si celui-ci est fait de 20 à 30 jours après l'inoculation). *La baisse de mortalité semble coïncider avec l'établissement de l'allergie et de l'immunité de surinfection* (63 animaux traités et 20 témoins).

h. Une réinoculation de bacilles virulents, effectuée en période allergique, immédiatement suivie d'un traitement par la pénicilline, ne change en rien les résultats précédents (*g*) : *La pénicilline n'entraîne pas la disparition de l'immunité de surinfection* (22 cobayes traités et 8 témoins).

j. Le Lapin semble réfractaire (expérience sur 3 animaux seulement); au contraire, le Rat, malgré sa résistance élevée à l'infection tuberculeuse, est sensible comme le Cobaye à l'action de la pénicilline après tuberculisation.

Nous avons constaté la mort de 50 % des rats traités, au cours des 15 premiers jours de traitement avec un *profond amaigrissement*, fièvre, et réaction ganglionnaire; la virulence de leurs organes pour de nouveaux cobayes traités par la pénicilline a été établie. Les survivants présentent une cachexie profonde qui se maintient après arrêt, au 40ᵉ jour, du traitement par la pénicilline. Ils meurent, entre le 80ᵉ et le 120ᵉ jour, de tuberculose classique généralisée, alors que 30 % des témoins tuberculisés sans pénicilline sont morts entre le 170ᵉ et le 250ᵉ jour, 70 % de ceux-ci étant encore en vie (38 rats traités et 15 témoins.)

k. *Tous les symptômes et la mort des animaux tuberculisés et traités par la pénicilline sont dus à l'activation de la forme filtrante du Bacille de Koch.* En effet : Tous les résultats précédents ont, sans exception, été retrouvés en inoculant les cobayes ou rats, avec la forme filtrante du B.K. Celle-ci a été obtenue par filtrations sur bougie L 3, soit de cultures de bacille bovin, soit d'expectorations de tuberculeux, soit de pus de pyothorax, soit de sang, soit d'organes d'animaux tuberculisés. En particulier, le sang, la rate, les ganglions, et *même le cerveau* des cobayes morts après traitement par la pénicilline, sont certainement riches en éléments filtrants : comme précédemment, après filtration sur bougie L3 des extraits aqueux de ces organes, l'inoculation d'un faible volume et un traitement par la pénicilline entraînent la mort rapide de tous les animaux avec les mêmes symptômes qu'en *a* (110 cobayes traités et 20 témoins). A partir de ces jus filtrés nous avons pu après passages successifs de cobaye à cobaye retrouver la forme acido-résistante, montrant ainsi que l'agent infectieux est bien le Bacille de Koch sous sa forme filtrante.

L. B.

La séance est levée à 15ʰ 15ᵐ.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 6 OCTOBRE 1947.

PRÉSIDENCE DE M. Louis BLARINGHEM.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à MM. **Cecil Henry Desch**, Correspondant de l'Académie, Membre de la *Royal Society*, et **Jovan Karamata**, de l'Institut Mathématique de Belgrade, Membre de l'Académie Serbe, qui assistent à la séance.

Notice nécrologique sur Pierre de Vanssay (¹) (1869-1947),
par M. **Donatien Cot**.

Pierre-Marie-Joseph-Félix-Antoine de Vanssay de Blavous, né le 15 janvier 1869 à Caen, Correspondant de l'Académie des Sciences pour la Section de Géographie et Navigation depuis 1932, est décédé à Autun le 19 août 1947. Ancien élève de l'École Polytechnique, il faisait partie du Corps des Ingénieurs hydrographes de la Marine depuis 1891 et avait été nommé Ingénieur général en 1927, époque de son élection au Comité de Direction du Bureau Hydrographique International qu'il présida de 1929 à 1932. Son mandat, plusieurs fois renouvelé, ne devait prendre fin que le 31 août 1947.

Jeune Ingénieur, il avait été choisi en raison de ses qualités d'observateur, pour participer aux missions magnétiques organisées en 1895 et 1896 par le Bureau des Longitudes. Après une campagne fructueuse en Afrique Occidentale, on lui confia le soin d'établir le rapport d'ensemble sur les travaux de ces missions, rapport qui a été publié dans les Annales du Bureau des Longitudes. L'Académie des Sciences lui attribua à cette époque une partie du prix extraordinaire de la Marine. Il ne cessa, par la suite, de s'intéresser aux observations concernant le magnétisme terrestre, au sujet desquelles il écrivit deux mémoires reproduits, l'un par le Service Géographique de l'Armée, l'autre par le Service Hydrographique International.

Comme Secrétaire du Congrès International de Chronométrie tenu à Paris en 1900, il prit une large part aux travaux de ce Congrès où il présenta un rapport sur les divers règlements des épreuves et concours pour chronomètres de poche.

(¹) Séance du 22 septembre 1947.

En sa qualité d'Ingénieur hydrographe, il avait participé à de nombreux levés sur les côtes de France et avait dirigé lui-même trois missions coloniales importantes : une à Madagascar en 1901-1902 et deux en Indochine (1906-1907 et 1910-1911). Ces missions ont donné lieu à la publication de dix cartes marines nouvelles. Au cours de l'une d'elles, il avait procédé à une détermination de la position géographique du phare du Cap Saint-Jacques en Cochinchine, à l'aide d'observations d'étoiles à l'astrolabe à prisme.

Durant la première guerre mondiale, il avait rempli les fonctions de Chef du groupe de Canevas de tir de la Xe Armée et pris une part importante à l'élaboration des méthodes de « restitution » des photographies aériennes. Ses travaux à ce sujet, publiés en partie dans les Annales Hydrographiques de 1917, furent, à cette date, d'une grande utilité et ont contribué au développement ultérieur de cette technique nouvelle.

En Géodésie, il a étudié les représentations conformes de l'ellipsoïde en vue de leur emploi en cartographie, l'utilisation des coordonnées planes rectangulaires dans les calculs de triangulation et diverses méthodes permettant d'obtenir les positions géographiques en partant des résultats fournis par les mesures angulaires azimutales. Il s'est intéressé également à certains problèmes posés par la compensation des chaînes de triangles et a fourni dans des cas particuliers des solutions originales à la fois élégantes et rigoureuses.

C'est sur son initiative et sous sa direction que le Bureau Hydrographique International publia une Table des latitudes croissantes à 5 décimales pour l'ellipsoïde international et 3 fascicules donnant les positions astronomiques ou géodésiques précises d'un nombre considérable de points du Globe, listes consultées par les cartographes de toutes nationalités.

L'activité scientifique de Pierre de Vanssay s'est étendue, en outre, à de nombreuses branches de la technique et son œuvre principale sera longtemps utilisée par ses successeurs dans la carrière de l'hydrographie.

Il a, de plus, rendu à l'Océanographie proprement dite un service de premier ordre par la publication d'au moins huit feuilles de la troisième édition de la Carte Générale des Océans à l'échelle du 1/10 000 000 à l'Équateur, qu'il a fait paraître pendant son séjour au Bureau International. Par suite de la richesse des documents utilisés, qui est une conséquence du développement des procédés de sondage par le son, ces feuilles donnent du relief sous-marin une représentation beaucoup plus détaillée que celle fournie par les éditions antérieures. Les minutes, dressées à une échelle dix fois plus grande et sur lesquelles ont été reportées le plus grand nombre possible de profondeurs, constituent pour l'avenir une mine de renseignements précieux.

Placé durant huit années à la tête d'une des sections les plus importantes du Service Central Hydrographique, Pierre de Vanssay s'était attiré l'estime de tous les Ingénieurs et Officiers de Marine qui eurent à effectuer, durant cette période, des levés dans nos possessions d'outre-mer.

Au cours de la dernière guerre mondiale, il dut assumer seul la direction du Bureau Hydrographique International et prendre les dispositions utiles pour éviter toute réquisition de l'ennemi dans les collections ou documents de cet organisme; il avait admirablement réussi dans cette tâche ingrate.

A la Libération du territoire, il avait été cruellement affecté par la mort de son fils aîné, tué à son poste au cours des combats livrés à Troyes, le 26 août 1944. Il a été enlevé lui-même soudainement à l'affection des siens. Nous adressons à M^me^ de Vanssay et à ses nombreux enfants nos condoléances émues.

HISTOIRE DES SCIENCES. — *Nouveaux documents sur l'expédition du Commandant Nicolas Baudin dans les mers australes* (1800-1803). Note de M. **Auguste Chevalier.**

L'expédition du Commandant Baudin, envoyée par Bonaparte en 1800 dans les mers australes, à la demande de plusieurs membres de l'Académie des Sciences, a fait couler beaucoup d'encre.

Les découvertes du *Géographe*, du *Naturaliste* et du *Casuarina* ont enrichi la science et les galeries du Muséum de splendides découvertes. L'expédition comprenait 21 naturalistes, astronomes, géographes, peintres et dessinateurs et de nombreux jeunes officiers de marine, dont le fils aîné du célèbre comte de Bougainville qui, malgré ses 70 ans, faillit prendre le commandement de l'expédition, ce qui eût été fort heureux. Son fils, âgé de 16 ans à peine au moment du départ, partit comme aspirant, et il fut un de ceux sur lesquels s'exerça le caractère autoritaire et dur de Baudin; il en revint cependant. La mission fut décimée en cours de route. Une partie des naturalistes et des marins ou désertèrent, ou moururent en mer ou dans les escales des fatigues, du scorbut, de dysenterie, toutes maladies provoquées par la pauvreté des vivres embarqués. On a accusé le Commandant Baudin qui, du reste, succomba lui-même à *l'Ile-de-France* sur la route du retour, d'avoir eu une grande responsabilité, par son impéritie et son autoritarisme, dans les souffrances qu'endurèrent les membres de l'expédition qui, par ailleurs, constitua une grande réussite.

Dans un livre qui vient de paraître, René Bouvier et Edouard Maynial : *Une aventure dans les Mers australes* (Mercure de France, édit.), essaient de réhabiliter Baudin en utilisant des manuscrits compulsés à la Bibliothèque du Muséum et à la Nationale. Ils nous donnent aussi d'intéressants détails sur la marche de la mission, ses découvertes, ses rapports avec les Français, Anglais et Hollandais rencontrés en cours de route. Comme l'écrivent ces auteurs, « c'est une légitime fierté pour la France de trouver encore la baie du Géographe, près de la côte d'Australie, autrefois déserte, où s'est élevée la ville de Perth et d'évoquer le souvenir des campagnes de Baudin, non seulement dans cette Sydney dont ils avaient salué la naissante prospérité,

mais à Melbourne comme à Adélaïde, au fond de ces golfes où ils ont tant de fois risqué leur vie et devant ces îles où ils ont laissé, à défaut d'un drapeau, la cendre de leurs morts. »

Ici même, il y a quelques années, M. Alfred Lacroix faisait l'éloge de quatre des membres de l'expédition qui ont appartenu à l'Académie des Sciences : Louis-Claude Freycinet, alors âgé de 21 ans seulement, qui fut plus tard membre de la section de Géographie et navigation, Bory de Saint-Vincent qui appartint à la section de Botanique, André Michaux et François Péron qui furent correspondants. Le livre de MM. Bouvier et Maynial nous révèle des faits nouveaux d'un grand intérêt sur la dure existence que menèrent ces savants au cours de l'expédition Baudin.

LOGIQUE MATHÉMATIQUE. — *Sur le concept de l'origine d'un nombre et le problème du continu.* Note de M. **Dimitri Riabouchinsky**.

1. Nous nommons *origine d'un nombre* son caractère constitutif, permettant de le distinguer des autres nombres de même valeur numérique. Par exemple, $(-1)^2$ et $\sin(\pi/2)$ déterminent respectivement l'origine des nombres $x_1 = 1 = (-1)^2$ et $x_2 = 1 = \sin(\pi/2)$. Citons quelques autres exemples [1] : $x_3 = 0 = \sqrt{2} - 1{,}4142\ldots$, $x_4 = 0 = 1 - 0{,}9999\ldots$, $x_5 = 0 = dx$, $x_6 = 0 = dy = f(x+dx) - f(x)$, $x_7 = 0 = \mathrm{L}(2)$, $x_8 = \infty = \mathrm{L}^{-1}(5)$, $i = 1 = \sqrt{-1}$, $j = 1 = -\sqrt{-1}$, $k_1 = 0 = \mathrm{L}(i)$, $k_2 = 0 = \mathrm{L}(j)$. Les signes L et L^{-1} expriment respectivement les opérations du passage à la limite et du retour de la limite. Les quatre derniers exemples concernent des nombres d'origine imaginaire.

2. Admettons comme postulat l'énoncé : A toute opération $y = f(x)$, correspond une opération inverse f^{-1}, qui, effectuée sur le nombre y, redonne le nombre x, $f^{-1}(y) = f^{-1}f(x) = x$. Une fois l'opération f^{-1} définie, on a de même $f(x) = ff^{-1}(y) = y$. On peut donc dire, que, dans les limites de leur applicabilité, les opérations f et f^{-1} sont inverses l'une de l'autre. La correspondance entre les nombres y et x est, dans ces conditions, univoque et réciproque. Ce postulat a comme base l'évidence intuitive, qu'après avoir effectué l'opération directe, il suffirait d'intervertir le cours du temps, pour effectuer cette opération en sens inverse et revenir aux conditions initiales.

3. Si l'opération $x = f^{-1}(y)$, par exemple, est multiforme, des valeurs multiples de x correspondent à la même valeur numérique de y et il vient dans ce cas $y_1 = y = f(x_1)$, $y_2 = y = f(x_2)$, $\ldots$, $y_n = y = f(x_n)$. Les

(1) D. Riabouchinsky, *Comptes rendus*, 212, 1941, pp. 677-680; *Travaux du IXe Congrès Intern. de Philosophie* (Congrès Descartes), Paris, 1937, 6, pp. 154-160; *Atti del Congresso Intern. dei Matematici*, Bologna, 1928, 6, pp. 489-498; *Bulletin de l'Institut Aérodynamique de Koutchino*, Moscou, 1914, 5, pp. 124-125.

nombres $y_1=f(x_1), \ldots, y_n=f(x_n)$ ont la même valeur numérique y, mais leur origine étant différente, ces nombres ne sont pas identiques. En accord avec le postulat admis, la correspondance univoque et réciproque entre les x_i et les y_i est conservée. Soit l'équation $y=x^2+2x-2$. Effectuons une inversion, en résolvant cette équation par rapport à x et en donnant à y la valeur 1. Les deux racines $x_1=1$, $x_2=-3$ correspondent respectivement aux nombres $y_1=1=(+2)^2-3$, $y_2=1=(-2)^2-3$, de même valeur numérique, mais d'origine différente, car $(y_1+3)^{1/2}=2$ et $(y_2+3)^{1/2}=-2$.

4. Nous sommes conduit ainsi aux définitions : 1° Deux nombres ne sont identiques que si leur valeur numérique et leur origine sont respectivement égales. 2° Toute opération effectuée sur des nombres identiques fournit des résultats identiques. 3° Si l'une au moins des opérations effectuées sur deux nombres de même valeur numérique fournit des résultats différents, ces nombres ne sont pas identiques, leur origine n'étant pas la même.

5. Du point de vue de la logique formelle, *l'équation d'origine* $a=f(b)$, définissant l'origine d'un nombre dont la valeur numérique est a, est une proposition dont a est le sujet, $f(b)$ le prédicat et la copule *égale* est équivalente à la copule *est*. Démontrons qu'il en est effectivement ainsi. La notion *nombre défini par sa valeur numérique et son origine* est une extension de la notion *nombre défini par sa seule valeur numérique*; à ce point de vue a est inclus dans $f(b)$. D'autre part, $f(b)$ met en évidence le caractère constitutif de a, donc au point de vue de la compréhension $f(b)$ est inclus dans a. Ces deux inclusions étant corrélatives l'une à l'autre, on doit admettre que a est identique à $f(b)$ et que, par conséquent, l'équation d'origine $a=f(b)$ et la proposition *a est* $f(b)$ expriment la même chose. C. q. f. d. Sur ce point, je suis en désaccord avec la thèse que la copule *est n'aurait pas de sens en mathématique* ([2]).

6. Le concept de l'origine d'un nombre permet aussi d'aplanir les difficultés signalées par Pierre Boutroux ([3]) dans l'application en algèbre générale de l'axiome de la *logique des relations : Toute relation a sa converse* ([4]), en considérant cet axiome comme inhérent au postulat que nous avons admis.

7. Au Congrès international des Mathématiciens, réuni à Paris en 1900, David Hilbert a cité le *problème du continu* comme le premier des plus importants problèmes mathématiques *non résolus*. Trente-sept années plus tard, dans une Communication faite à Paris au Congrès Descartes (*Travaux du Congrès*, 6, p. 196), M. A. Fraenkel, l'auteur de l'Ouvrage bien connu *Einleitung in die Mengelehre*, en mentionnant cette citation de D. Hilbert, constate que « la situation s'est même aggravée depuis, psychologiquement, du moins, et chez la plupart des mathématiciens qui estiment que notre question ait un sens en général,

([2]) L. Liard, *Logique*, Paris, 10e édition, p. 85.

([3]) *L'idéal mathématique des Mathématiciens*, Paris, 1920, p. 165.

([4]) L. Couturat, *Les principes des Mathématiques*, Paris, 1905, p. 29.

s'est répandu un état d'esprit désespéré, qui semble laisser ouvertes deux possibilités seulement. Ou bien le problème du continu serait indépendant des principes connus de la logique et des mathématiques » ... « Ou bien dans la théorie générale des ensembles, un point de vue décisif, un principe logique, par exemple, nous aurait échappé jusqu'à maintenant, et pour arriver à une solution, il y aurait lieu d'abandonner les chemins fréquentés pour aller dans une direction nouvelle. »

Le concept de l'origine d'un nombre est un principe nouveau de logique mathématique. Il m'a permis ([5]) de traiter le problème du continu en m'engageant dans une voie où les antinomies auxquelles on s'est heurté antérieurement ne semblent pas devoir réapparaître.

8. Démontrons deux théorèmes relatifs à cette nouvelle conception du continu :

Théorème I. — *Un nombre irrationnel ou transcendant et un nombre décimal de même valeur numérique ne sont pas identiques.*

Un nombre irrationnel, par exemple $\sqrt{2}$, ne se distingue d'un nombre décimal de même valeur numérique que par l'origine irrationnelle d'un zéro, $0 = L(R) = \sqrt{2} - 1,4142....$, obtenu par l'annulation du reste irrationnel R par un passage à la limite. L'opération du retour de la limite étant distributive, il vient $R = L^{-1}(\sqrt{2}) - L^{-1}(1,4142....)$, et, par conséquent, $L^{-1}(\sqrt{2}) \neq L^{-1}(1,4142....)$. $\sqrt{2}$ et l'unité suivie d'une fraction décimale illimitée $1,4142....$ ont donc la même valeur numérique, mais leur origine est différente. Il en résulte, en raison de la définition 3°, qu'effectivement ces deux nombres ne sont pas identiques. Cette démonstration s'applique aussi, évidemment, aux nombres transcendants.

Théorème II. — *L'ensemble des fractions décimales permet de représenter la suite continue de tous les points du segment* 0 — 1.

En raison du théorème I, les points représentant des nombres irrationnels ou transcendants, tout en conservant leur particularité, se superposent aux points représentant des fractions décimales illimitées de même valeur numérique et ne sauraient, par conséquent, s'interposer entre ces derniers. La suite continue des points représentés par des fractions décimales n'est ainsi nulle part interrompue par l'intrusion d'éléments étrangers à l'ensemble de ces points. Ce qui démontre le théorème.

CORRESPONDANCE.

M. Hermann Weyl, élu Correspondant pour la Section de Géométrie, adresse ses remercîments à l'Académie.

M. le Secrétaire perpétuel signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

([5]) *Comptes rendus*, **212**, 1941, pp. 677-680.

1° RENÉ BOUVIER et ÉDOUARD MAYNIAL. *Une aventure dans les mers australes. L'expédition du Commandant Baudin* (1800-1803) (présenté par M. Chevalier).

2° ROGER SIMONET. *Cent ans d'image.*

3° R. KEEN. *Wireless Direction Finding.*

4° *Endogeneous Endocrinotherapy including the causal cure of Cancer Compendium* by JULES SAMUELS.

5° *Id. Lecture and demonstration held on september* 6 *th* 1947.

6° National Committee on Atomic Information. *U. N. Scientific and technical Report on atomic energy control.*

7° Université libre de Bruxelles. *E. W. Bogaert, ancien Recteur,* 1881-1946.

8° *Endocrinology (Experimental and clinical)* being Section III of *Excerpta Medica.* Volume I, n° 1.

9° *Surgery* being Section IX of *Excerpta Medica.* Volume I, n° 1.

10° *Wiadomosci Sluzby. Hydrologicznej i Meteorologicznej. Bulletin du Service hydrologique et météorologique.* Tome I, fascicule 1.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Le défaut au sens de M. Nevanlinna dépend de l'origine choisie.* Note de M. **DANIEL DUGUÉ**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

Les valeurs lacunaires définies par M. É. Picard et M. Émile Borel ne dépendent pas de l'origine choisie. Il n'en est pas de même des valeurs à défaut au sens de M. Nevanlinna. C'est ce que montre l'exemple suivant :

Considérons la fonction méromorphe $\varphi(z) = (e^{2\pi i e^{z}} - 1)/(e^{2\pi i e^{-z}} - 1)$ et étudions le défaut de ses zéros et de ses pôles par rapport à l'origine A du plan complexe (soit d_{A0} et $d_{A\infty}$) et par rapport à un point B *de partie réelle h différente de* o (soit d_{B0} et $d_{B\infty}$). Nous allons montrer que

$$\frac{1-d_{A0}}{1-d_{A\infty}} = 1 \qquad \text{et} \qquad \frac{1-d_{B0}}{1-d_{B\infty}} = e^{2h}.$$

Ces deux inégalités entraînent que l'on ne peut avoir à la fois si $h \neq 0$, $d_{A0} = d_{B0}$ et $d_{A\infty} = d_{B\infty}$ que si $d_{A0} = d_{B0} = 1$ et $d_{A\infty} = d_{B\infty} = 1$, et nous prouverons que ce n'est pas le cas.

Les zéros sont les points $z = \log m + i 2\pi n$ (m entier supérieur à 1 et n entier). Ces zéros sont ceux de la fonction $e^{2\pi i e^{z}} - 1$ (sauf ceux qui se trouvent sur l'axe imaginaire). Les pôles sont les points symétriques par rapport à l'origine A. On sait que : $1 - d_{A0} = \overline{\lim_{r=\infty}} [f_{A0}(r)/T_{A0}(r)]$ (et des définitions analogues pour les trois autres défauts) avec $f_{A0}(r) = \int_0^r \frac{N_{A0}(r)}{r} dr$, $N_{A0}(r)$ étant le nombre de zéros de $\varphi(z)$ intérieurs à un cercle de centre A et de rayon r. $T_{A0}(r)$ est la fonction

caractéristique de $\varphi(z)$ pour l'origine A et la valeur o. Naturellement

$$N_{A0}(r) = N_{A\infty}(r) \quad \text{et} \quad f_{A0}(r) = f_{A\infty}(r).$$

On sait que : $T_{A0}(r) = T_{A\infty}(r) + b_1(r)$ et $T_{A0}(r) \leqq 2\,T(r) + b_2(r)$, b_1 et b_2 étant deux fonctions bornées de r et $T(r)$ une fonction caractéristique de $e^{2\pi i e^z} - 1$ relative à l'origine. Donc $d_{A0} = d_{A\infty}$. De plus :

$$N_{A0}(r) = N(r) - (1 + 2 \times \text{partie entière de } r),$$

$N(r)$ étant le nombre de zéros de $e^{2\pi i e^z} - 1$ de module inférieur à r (le terme correctif provenant des zéros de l'axe complexe). Donc

$$f_{A0}(r) > f(r) - 3r \quad \text{avec} \quad f(r) = \int_0^r \frac{N(r)}{r}\,dr$$

et

$$\frac{f_{A0}(r)}{T_{A0}(r)} > \frac{f(r) - 3r}{2\,T(r) + b_2(r)}, \quad \text{d'où} \quad \overline{\lim}\,\frac{f_{A0}(r)}{T_{A0}(r)} \geqq \frac{1}{2}\,\overline{\lim}\,\frac{f(r)}{T(r)}.$$

Or $\overline{\lim}\,[f(r)/T(r)] = 1$ puisque $e^{2\pi i e^z} - 1$ n'a que deux valeurs de défaut unité — 1 et l'infini. Donc $d_{A0} = d_{A\infty} \leqq 1/2$.

D'autre part considérons le rapport

$$\frac{f_{B0}(r)}{f_{B\infty}(r)}\,\frac{T_{B\infty}(r)}{T_{B0}(r)},$$

$T_{B\infty}(r)/T_{B0}(r)$ tend vers 1, puisque numérateur et dénominateur ne diffèrent que par une fonction bornée. Sur chaque droite d'ordonnée $2\pi n$ le nombre de zéros de partie réelle inférieure à x est égal à partie entière de e^x. Donc sur une droite d'ordonnée $2\pi n$ le rapport entre le nombre de zéros et le nombre de pôles intérieurs à un cercle de rayon r et de centre B tend vers e^{2h} quand r augmente indéfiniment. Il en résulte que $[N_{B0}(r)/N_{B\infty}(r)]$ tend aussi vers e^{2h} ainsi que $[f_{B0}(r)/f_{B\infty}(r)]$. Donc $(1 - d_{B0})/(1 - d_{B\infty}) = e^{2h}$.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Valeurs exceptionnelles et valeurs déficientes des fonctions méromorphes*. Note de M. **Georges Valiron**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

M. Dugué a étudié sur un exemple l'effet d'un changement d'origine sur les valeurs déficientes, au sens de R. Nevanlinna, d'une fonction méromorphe. On peut faire à ce sujet les remarques suivantes :

1. La fonction $f(z)$ étant méromorphe dans tout le plan à distance finie, la relation entre les fonctions caractéristiques $T(r, f(z))$ et $T(r, f(z+a))$, où a est une constante, peut se déduire du théorème d'Henri Cartan d'après lequel $T(r, f)$ est, à une constante additive près, la moyenne de $N(r, e^{i\theta})$ lorsque θ

varie de o à 2π, et du fait que $n(r, \varphi(z))$ désignant le nombre des zéros de $\varphi(z)$ pour $|z| \leqq r$, on a, pour $r \geqq \alpha > |a|$,

$$n(r - |a|, \varphi(z)) \leqq n(r, \varphi(z+a)) \leqq n(r + |a|, \varphi(z)). \tag{1}$$

En divisant par r et intégrant de α à r, on déduit de (1) des inégalités pour les fonctions N; appliquant le résultat obtenu à $f - e^{i\theta}$ et prenant la moyenne, on montre que

$$(1 - o(1))\mathrm{T}(r - |a|, f(z)) < \mathrm{T}(r, f(z+a)) < (1 + o(1))\mathrm{T}(r + |a|, f(z)).$$

Il s'ensuit que *l'indicatrice* $\mathrm{T}(r, f)$ *reste asymptotiquement invariante par un changement d'origine lorsque*

$$\lim_{r=\infty} \frac{\mathrm{T}(r+1, f)}{\mathrm{T}(r, f)} = 1. \tag{2}$$

La propriété de convexité de $\mathrm{T}(e^y, f)$ (fonction de y) montre que, pour une fonction d'ordre fini ρ et d'ordre inférieur ρ' défini par

$$\rho' = \underline{\lim}_{r=\infty} \frac{\log \mathrm{T}(r, f)}{\log r},$$

la condition (2) *est vérifiée si* $\rho' > \rho - 1$; *en particulier elle est vérifiée pour toutes les fonctions d'ordre inférieur à* 1. Mais (2) peut aussi avoir lieu pour des fonctions d'ordre infini lentement croissantes.

La comparaison des fonctions $\mathrm{N}(r, x)$ relatives à $f(z)$ et $f(z+a)$ se déduit de l'intégration de (1) divisée par r.

On voit encore que, *pour une fonction d'ordre fini* ρ *et d'ordre inférieur* ρ', *le défaut de Nevanlinna est conservé lors d'un déplacement d'origine si* $\rho' > \rho - 1$.

Ceci vaut aussi pour les fonctions algébroïdes.

Mais existe-t-il une fonction d'ordre un peu supérieur à 1 pour laquelle un défaut soit modifié?

2. Comme je l'ai indiqué ailleurs, on peut définir le défaut d'une façon plus adéquate en introduisant le rapport de $\mathrm{N}(r, x)$ non pas à T, mais à une majorante régulière de T convenablement choisie. Pour l'ordre fini ρ, on introduit un ordre précisé $\rho(r)$ tendant vers ρ lorsque $r \to \infty$, tel que

$$\overline{\lim}_{r=\infty} \frac{\mathrm{T}(r)}{r^{\rho(r)}} = 1.$$

Le défaut $\delta(x)$ est défini par

$$\delta(x) = 1 - \overline{\lim}_{r=\infty} \frac{\mathrm{N}(r, x)}{r^{\rho(r)}}; \tag{3}$$

il jouit toujours de la propriété $\Sigma\delta(x) \leqq 2$. *Ce défaut est invariant lors des déplacements de l'origine.*

Au contraire, il est indispensable de conserver la fonction T dans la défi-

nition de mes valeurs ordinaires pour lesquelles

$$\lim_{r=\infty} \frac{N(r, x)}{T(r)} = 1.$$

Ces valeurs sont invariantes dans les déplacements d'origine dans les conditions indiquées au n° 1.

Tout ceci vaut encore pour les fonctions algébroïdes.

Dans le cas des fonctions d'ordre infini, si $T(r)$ est à croissance rapide, l'ordre, qui est fonction de r, peut être modifié par le déplacement de l'origine, et il n'est pas certain que les valeurs exceptionnelles au sens de Borel soient conservées lorsqu'elles sont définies d'une façon assez précise.

3. Pour une fonction entière d'ordre fini, le défaut de Nevanlinna d'une valeur exceptionnelle au sens de Borel est égal à 1. Ceci tient à ce que la fonction $T(r)$ est alors à croissance parfaitement régulière, asymptotiquement égale à une fonction $r^{\rho(r)}$. Mais, pour une fonction méromorphe d'ordre fini, une valeur exceptionnelle de Borel peut avoir un défaut de Nevanlinna égal à zéro. Cette circonstance ne se produit plus lorsqu'on définit le défaut par (3).

Pour construire une fonction méromorphe d'ordre ρ inférieur à 1, par exemple, pour laquelle l'infini est valeur exceptionnelle de Borel et de défaut de Nevanlinna nul, on peut se servir des expressions asymptotiques des fonctions orientées à croissance irrégulière données dans ma Thèse (p. 114-116). Si $0 < \rho' < \rho$, on prendra d'une part une fonction $F(z)$ pour laquelle le nombre des zéros alignés sur l'axe réel négatif est égal à $r^{\rho'}$, et une fonction $G(z)$ pour laquelle ce nombre est égal à $(1/2) + r^{\rho(r)}$, $\rho(r)$ étant un ordre oscillant entre ρ' et ρ et égal à ρ' dans des suites d'intervalles I dont la largeur relative tend vers l'infini. La fonction $f(z)$ quotient de $G(z)$ par $F(z)$ est d'ordre ρ, l'ordre des pôles est $\rho' < \rho$ et la fonction $T(r, f)$ est asymptotiquement égale à $N(r, \infty)$ dans des intervalles intérieurs aux intervalles I. L'infini, valeur exceptionnelle de Borel, a un défaut nul.

On construit aussi aisément des fonctions entières d'ordre infini admettant une valeur exceptionnelle de Borel dont le défaut de Nevanlinna est nul.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur l'intégration des nombres dérivés.* Note (1) de M. C. T. **Ionescu Tulcea**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

I. Dans une communication faite au Congrès d'Oslo, ensuite dans le *Bulletin of the American Mathematical Society*, t. 47, et dans son livre *Integration*, M. E. J. Mc Shane a donné une nouvelle définition de la totale complète de M. A. Denjoy. Il utilise pour la définition de celle-ci deux sortes de majorantes, droites et gauches, et deux sortes de minorantes, droites et gauches,

(1) Séance du 4 août 1947.

correspondant respectivement aux nombres dérivés supérieurs et inférieurs. Si l'on considère seulement les majorantes droites et les minorantes gauches, ou bien les majorantes gauches et les minorantes droites, on n'obtient plus la totale complète, mais d'autres intégrales (qui sont à rapprocher des méthodes d'intégration exposées par H. Lebesgue dans ses *Leçons sur l'intégration* (p. 219, seconde édition). Le but de cette Note est de formuler la définition descriptive de ces intégrales.

2. Rappelons que : *a*. $F_1(x)$ $[F_2(x)]$ est une majorante droite [gauche] de $f(x)$ sur le segment $I = ab$. Si : (*i*) $F_1(x)$ $[F_2(x)]$ est continue sur I et nulle pour $x = a$; (*ii*) en chaque point de I, sauf au plus un ensemble dénombrable, $-\infty \neq D_+F_1(x) \geqq F(x) [-\infty \neq D_-F_2(x) \geqq f(x)]$. D'une manière analogue, on définit les minorantes droites $F_4(x)$ [gauches $F_3(x)$]. *b*. $f(x)$ est D^* — intégrable [D_* — intégrable] sur I si elle a des majorantes droites $F_1(x)$ [gauches $F_2(x)$] et des minorantes gauches $F_3(x)$ [droites $F_4(x)$] et si $\inf F_1(b) = \sup F_3(b) [\inf F_2(b) = \sup F_4(b)]$; cette valeur est par définition la D^* — intégrale [D_* — intégrale].

3. Pour être en mesure de formuler la définition descriptive de la D^* — intégrale [D_* — intégrale], il est nécessaire de poser les définitions suivantes [la fonction $F(x)$ sera toujours supposée définie et continue sur le segment I].

a. $F(x)$ est $AC_+ [AC^+, AC_-, AC^-]$ sur l'ensemble $E \subset I$ si pour tout $\varepsilon > 0$, il existe un $\delta(\varepsilon)$ tel que

$$\Sigma[F(x_k) - F(a_k)] > -\varepsilon$$

$$[\Sigma[F(x_k) - F(a_k)] < \varepsilon, \qquad \Sigma[F(b_k) - F(x_k)] > -\varepsilon, \qquad \Sigma[F(b_k) - F(x_k)] < \varepsilon],$$

$(a_k \leqq x_k \leqq b_k)$ pour toute suite finie des segments $\{a_k b_k\}$, non empiétants, ayant les extrémités sur E et de longueur totale $< \delta(\varepsilon)$.

b. $F(x)$ est $R_+ [R^+, R_-, R^-]$ sur I si tout sous-ensemble fermé $E \subset I$ contient une portion sur laquelle $F(x)$ est $AC_+ [AC^+, AC_-, AC^-]$.

c. $F(x)$ est $R^* [R_*]$ sur I si $F(x)$ est R_+ et $R^- [R^+$ et $R_-]$.

4. On peut démontrer : Si $F(x)$ est $R^* [R_*]$ sur I, sur une pleine épaisseur de I, $-\infty < D_+F(x) = D^-F(x) < \infty$ $[-\infty < D^+F(x) = D_-F(x) < \infty]$.

5. Après ces définitions et à l'aide du théorème 4, on peut formuler la définition descriptive de la D^* — intégrale [D_* — intégrale] : *$f(x)$ est D^* — intégrable [D_* — intégrable] sur* I *s'il existe une fonction* $F(x)$, $R^* [R_*]$ *sur* I *et telle que sur une pleine épaisseur de* I,

$$D_+F(x) = D^-F(x) = f(x), \qquad D^+F(x) = D_-F(x) = f(x).$$

6. On peut remarquer : *a*. que la totale simple inclut la D^* — intégrale et la D_* — intégrale et chacune de celles-ci la totale complète, les inclusions étant effectives; *b*. que tout nombre dérivé, D_+F, D^-F, D^+F, D_-F, fini en chaque point de I, sauf au plus un ensemble dénombrable, peut être intégré par au moins une des intégrales D^* ou D_* car $F(x)$ est R^* ou bien R_*; *c*. qu'on obtient

encore la D^*— intégrale [D_*— intégrale] si l'on utilise des majorantes définies comme suit : $H_1(x)[H_2(x)]$ est une majorante droite [gauche] de $f(x)$ sur I si : (j) $H_1(x)[H_2(x)]$ est $R_+[R_-]$ sur I et nulle pour $x=a$; (jj) sur une pleine épaisseur de I, $-\infty \neq D_+F(x) \geqq f(x)$ [$-\infty \neq D_-F(x) \geqq f(x)$], et des minorantes définies d'une façon analogue.

GÉOMÉTRIE. — *Géométrie descriptive à quatre dimensions*
Note de M. **Jacques Maurin**, présentée par M. Jacques Hadamard.

On sait que la courbure d'un être géométrique à n dimensions en un de ses points peut se définir par la considération, suivant les cas, d'une ou de plusieurs normales à cet être issues de ce point et portant le ou les centres de courbures; la normale considérée étant extérieure à l'être courbe envisagé constitue avec lui un être à $n+1$ dimensions, et c'est le long de la direction de cette normale que seront comptées les distances de tout point de l'être courbe à l'être rectilinéaire du même nombre de dimensions qui, perpendiculairement à cette normale, lui est tangent au point considéré([1]).

La courbure d'un être à n dimensions est donc géométriquement représentable dans et par rapport à un espace rectilinéaire à $n+1$ dimensions au moins.

Le caractère rectilinéaire de cet espace permet d'étudier la courbure de l'être contenu par application des procédés d'alignement et de projection dérivés du postulat d'Euclide. S'il est possible de le décrire graphiquement par rapport à un ou plusieurs hyperplans (ou espaces rectilinéaires à trois dimensions), le problème de la description graphique de l'être géométrique courbe qu'il contient se trouve théoriquement résolu.

J'ai donc défini une représentation descriptive graphique directe de l'espace rectilinéaire à quatre dimensions, grâce à un procédé extensible à un nombre plus grand de dimensions. Ce qui précède montre qu'un tel procédé permettra la description graphique directe d'un espace courbe à trois dimensions, dans les domaines de la physique où en apparaîtra la nécessité. En outre, l'identification de cette quatrième dimension avec le temps permettrait de représenter les phénomènes de la Cinématique, et avec la densité ceux de la Statique du solide. Par ailleurs, le procédé constituera un mode général de résolution graphique de systèmes d'équations à quatre inconnues. Enfin, sa nature est telle qu'il constitue une source de théorèmes d'alignement et de coïncidences.

Le procédé consiste à rapporter l'espace rectilinéaire tétradimensionnel à quatre axes de coordonnées cartésiennes perpendiculaires entre eux et définissant en particulier trois plans de projection choisis, parmi les six plans définis

([1]) Pour les espaces de Riemann par exemple, cf. É. Cartan, *Leçons sur la Géométrie des espaces de Riemann* (éd. 1946), Chap. IV, §§ 79, 81, 85, 92, 102.

par ces quatre axes deux à deux, comme possédant en commun l'axe (xx'). Le premier est rabattu sur le plan de figure au-dessous de (xx'), le deuxième et le troisième au-dessus de (xx'). Les quatre coordonnées d'un point A sont dès lors respectivement représentées par l'abscisse sur (xx') de sa droite de rappel perpendiculaire, et par les distances à (xx') de ses trois projections a, a', a'' sur chacun des trois plans précités situés sur sa droite de rappel.

Les rabattements des trois plans sur le plan de figure, ainsi que la représentation des trois projections du point sur une même droite de rappel, sont légitimés par le fait que chacun des éléments de ces opérations se déroule dans l'un des trois hyperplans auxiliaires définis par une paire des trois plans de projection. L'esprit du procédé est ainsi de réduire les problèmes d'hypergéométrie à des problèmes habituels de géométrie descriptive à trois dimensions dans deux de ces trois hyperplans.

La description dans un espace rectilinéaire à quatre dimensions d'êtres rectilinéaires d'un nombre inférieur de dimensions et de leurs relations mutuelles, seule établie jusqu'ici, permet déjà de résoudre des problèmes spécifiques d'un espace à quatre dimensions, tels par exemple que la construction graphique du point unique commun à deux plans non situés dans le même hyperplan.

Un plan [P] est défini par ses trois traces ponctuelles a, b', c'' sur chacun des trois plans de projection; un hyperplan E, par ses trois traces rectilignes (ea), (eb'), (ec'') sur ces mêmes plans, e étant sa trace sur (xx').

Soit à construire l'intersection de deux plans $[a_1 b'_1 c''_1]$ et $[a_2 b'_2 c''_2]$.

Soit e_1 l'intersection de la droite $(a_1 a_2)$ avec (xx'), et soit l'hyperplan E_1 défini par $(e_1 a_1)$, $(e_1 b'_1)$, $(e_1 c''_1)$; soit de même e_2 l'intersection de $(c''_1 c''_2)$ avec (xx'), et soit l'hyperplan E_2 défini par $(e_2 a_2)$, $(e_2 b'_2)$, $(e_2 c''_2)$: E_1 contient $[a_1 b'_1 c''_1]$, et E_2 $[a_2 b'_2 c''_2]$.

Soit β' l'intersection de $(e_1 b'_1)$ et $(e_2 b'_2)$: l'intersection de E_1 et E_2 est $[a_2 \beta' c''_1]$.

$[a_2 \beta' c''_1]$ coupe $[a_1 e_1 b'_1]$ suivant $(a_2 \beta')$, qui, dans $[a_1 e_1 b'_1]$, coupe $(a_1 b'_1)$ au point Q_1 commun à $[a_2 \beta' c''_1]$ puisque sur $(a_2 \beta')$ et à $[a_1 b'_1 c''_1]$ puisque sur $(a_1 b'_1)$; c''_1 étant également commun à $[a_2 \beta' c''_1]$ et à $[a_1 b'_1 c''_1]$, leur intersection dans E_1 est $(Q_1 c''_1)$.

$[a_2 \beta' c''_1]$ coupe $[b'_2 e_2 c''_2]$ suivant $(c''_1 \beta')$, qui, dans $[b'_2 e_2 c''_2]$, coupe $(b'_2 c''_2)$ au point Q_2, commun à $[a_2 \beta' c''_1]$ puisque sur $(c''_1 \beta')$ et à $[a_2 b'_2 c''_2]$ puisque sur $(b'_2 c''_2)$; a_2 étant également commun à $[a_2 \beta' c''_1]$ et à $[a_2 b'_2 c''_2]$, leur intersection dans E_2 est $(Q_2 a_2)$.

Dans $[a_2 \beta' c''_1]$, le point M intersection de $(Q_1 c''_1)$ et $(Q_2 a_2)$ est commun à $[a_1 b'_1 c''_1]$ puisque sur $(Q_1 c''_1)$ et à $[a_2 b'_2 c''_2]$ puisque sur $(Q_2 a_2)$ M est donc le point cherché.

Graphiquement, β' est l'intersection de $(e_1 b'_1)$ et $(e_2 b'_2)$. q_1 est l'intersection de $(a_1 b_1)$ et $(a_2 \beta)$, et q'_1 de $(a'_1 b'_1)$ et $(a'_2 \beta')$; q_1 et q'_1 se rappellent au même point q''_1 sur (xx').

q'_2 est l'intersection de $(b'_2 c'_2)$ et $(c'_1 \beta')$, et q''_2 de $(b''_2 c''_2)$ et $(c''_1 \beta'')$; q'_2 et q''_2 se rappellent au même point q_2 sur (xx').

$(q_1 c_1)$ et $(q_2 a_2)$ se rencontrent en m; $(q'_1 c'_1)$ et $(q'_2 a'_2)$ en m'; $(q''_1 c''_1)$ et $(q''_2 a''_2)$ en m''. Ces trois projections m, m', m'' de M sont sur une même droite de rappel.

ASTROPHYSIQUE. — *Photométrie photoélectrique au spectrohélioscope.* Note de M. **František Link**, présentée par M. Bernard Lyot.

Poursuivant nos efforts (1) destinés à transformer le spectrohélioscope en un appareil de mesures, nous avons pu réaliser un dispositif photoélectrique qui permet des mesures photoélectriques de tous les phénomènes visibles dans cet appareil. En particulier, on peut mesurer ou observer sur l'écran d'un oscillographe, le profil de la raie H_α et suivre son évolution lors d'une éruption chromosphérique.

Voici d'abord la description du montage optique réalisé sur le modèle courant de spectrohélioscope de Hale que nous possédons à l'Observatoire d'Ondrejov. L'emploi d'un appareil plus lumineux donnerait naturellement des résultats encore meilleurs. A la suite de la loupe qui sert à observer la seconde fente du spectrohélioscope, est monté un prisme escamotable qui permet d'envoyer à volonté le flux lumineux, soit dans l'œil de l'observateur, soit sur une cellule photoélectrique. Derrière la première fente est monté un line-shifter supplémentaire sur l'axe d'un moteur synchrone. Sa rotation a pour effet que la raie observée passe périodiquement sur la seconde fente, avec la fréquence double du nombre de tours. Le second line-shifter se trouve devant la seconde fente et sa positition se lit sur le cercle gradué. Il reste immobile pendant les mesures et ne sert qu'à régler la position moyenne de la raie par rapport à la fente. L'épaisseur du premier line-shifter a été choisie de 6mm. De cette façon, dans l'intervalle de rotation de $\pm 30°$ autour de la normale, il donne un déplacement de la raie, sur la seconde fente, égal à 7 Å et les pertes par réflexion de lumière transmise sont pratiquement constantes. Pendant la rotation du premier line-shifter, la cellule reçoit successivement la lumière provenant des différentes parties de la raie et le courant photoélectrique, après une amplification, est conduit à la paire verticale des plaques déviatrices de l'oscillographe. La vitesse du balayage étant réglée d'accord avec la rotation du line-shifter, on observe, sur l'écran de l'oscillographe, une courbe qui est une image du profil de la raie. Pour pouvoir observer la raie d'une petite plage de la surface solaire, il faut naturellement diminuer la hauteur de la premiére fente de façon qu'elle couvre juste la forme observée.

La partie électrique comporte une cellule à multiplicateur d'électrons à

(1) *Ann. d'Astroph.*, 9, 1946, p. 132.

14 étages MB50 de la maison Cintel à Londres. La cellule est alimentée sous 1500 volts stabilisés à l'aide de 10 petites lampes au néon. Le courant provient du secteur dont la tension est élevée à l'aide d'un transformateur à 3000 V et redressée à l'aide de redresseurs secs au sélénium. Normalement, le courant photoélectrique est conduit directement dans l'oscillographe. Une seconde possibilité consiste à mesurer point par point le profil de la raie par une méthode statique. Le premier line-shifter étant arrêté dans sa position normale, on amplifie le courant photoélectrique par une double triode connectée en pont. Le courant amplifié est envoyé au galvanomètre de sensibilité 10^{-8} A/mm. En tournant progressivement le second line-shifter, on obtient point par point le profil de la raie d'après les indications du galvanomètre. L'étalonnage en intensités s'obtient, par exemple, en ouvrant progressivement la première fente dont la largeur se lit sur le tambour divisé. La méthode statique est plus sensible que la méthode de l'oscillographe, elle permet de travailler avec des fentes plus fines et moins hautes, de plus elle permet de contrôler les indications de l'oscillographe. En revanche, la méthode oscillographique est plus expéditive, elle donne, de *visu* ou sur la photographie, l'évolution d'une éruption chromosphérique ou des autres formes observables au spectrohélioscope. La position du centre de la raie peut être fixée avec une erreur probable de $\pm 0{,}05$ Å. On peut alors déterminer les faibles déplacements de la raie par rapport à sa position normale sur le fond photosphérique non perturbé.

NAVIGATION. — *Dispositif de compas de route permettant à un aéronef de suivre une route définie mathématiquement à la surface du globe.* Note [1] de M. **Robert Genty**, transmise par M. Donatien Cot.

Position du problème. — Le rayon d'action des avions modernes atteint maintenant presque la moitié de la longueur d'un méridien terrestre. Dans ces conditions, le bénéfice de la trajectoire orthodromique devient notable. Il est donc souhaitable de s'attacher à suivre un tel itinéraire sans toutefois astreindre le pilote à des opérations compliquées de changements de cap fréquents, conséquence de la vitesse élevée des avions modernes. La qualité *substratosphérique* ou *stratosphérique* de la plupart d'entre eux autorise la conception d'un appareil astronomique pour résoudre ce problème.

Principe de l'appareil. — Une lunette, supportée par une plateforme maintenue à l'horizontale grâce à un gyroscope et orientée constamment en direction grâce à un compas gyromagnétique, est entraînée par deux moteurs qui lui communiquent respectivement la hauteur h et l'azimut z d'un astre choisi à l'avance, en fonction de φ et de G les coordonnées géographiques du lieu d'observation, de la déclinaison D de l'astre et de son angle horaire. Si le point de coordon-

[1] Séance du 1er septembre 1947.

nées φ et G est à chaque instant sur la trajectoire imposée à l'avion, la vérification du pointage de la lunette sur l'astre assurera le pilote de la perfection de sa navigation. Or, un dispositif calculateur peut déterminer à chaque instant, en fonction du temps, de la forme mathématique de l'itinéraire choisi et de la vitesse V de l'avion, d'une part les coordonnées φ et G précitées, et d'autre part les grandeurs h et z dont le calcul ne fait intervenir comme éléments supplémentaires que l'angle horaire de l'astre fonction du temps et la déclinaison astronomique trouvée dans les tables.

Le procédé est valable quelle que soit la forme de la courbe décrite sur la terre, à condition qu'elle soit justiciable d'une représentation mathématique. Il est particulièrement aisé de l'appliquer à l'orthodromie pour laquelle les coordonnées du point courant ne sont que des combinaisons de fonctions circulaires du temps t et de la vitesse V de l'avion par rapport à la Terre.

$$\varphi = F(V, t), \qquad G = E(V, t).$$

De la même façon, h et z, les hauteurs et azimuts de l'astre pour le lieu considéré, sont également des sommes et produits de fonctions circulaires de V et de t

$$h = \theta(V, t), \qquad z = T(V, t).$$

Exploitation. — Le problème semble donc facile à résoudre soit au moyen d'un calculateur électronique, soit à l'aide de dispositifs purement mécaniques.

L'appareil peut être constitué comme suit :

L'axe optique de la lunette est matérialisé par la croisée d'un réticule apparaissant sur un écran placé sur la planche de bord devant le pilote. L'image de l'astre vient donc se situer sur l'écran par rapport à ce réticule révélant l'erreur en hauteur dh et l'erreur relative en azimut $dz \cos h$.

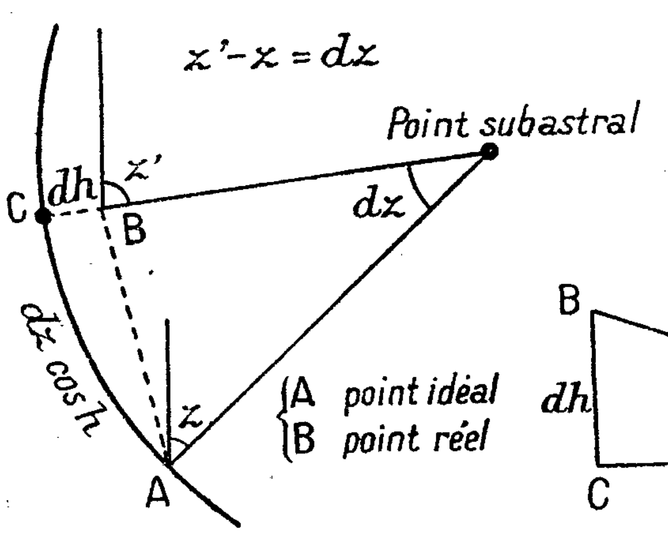


Fig. 1.

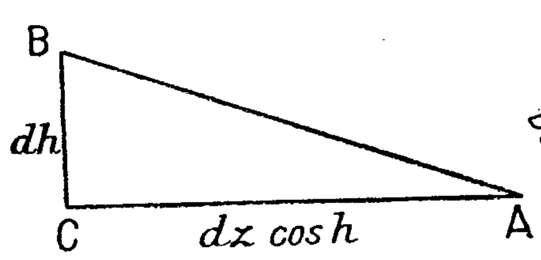


Fig. 2.

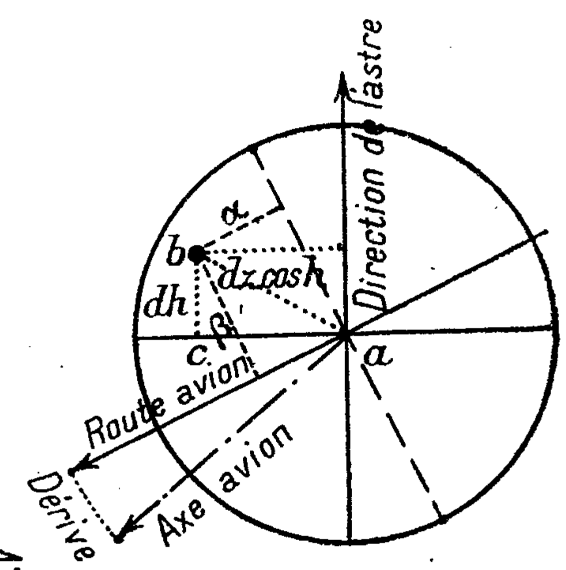


Fig. 3.

Or, si l'on se réfère à la figure 1, on voit que les deux éléments dh et $dz \cos h$ interviennent de façon simple pour déterminer la position exacte de l'avion, connaissant la position théorique précalculée au même instant.

En effet le triangle ABC (*fig.* 2) est toujours de dimensions assez réduites pour

être assimilable à un triangle rectangle en C avec $BC = dh$ et $AC = dz \cos h$.

L'image de l'astre, convenablement redressée par un dispositif optique adéquat, matérialisera avec les fils du réticule une figure *abc* qui sera l'homothétique du triangle ABC (*fig.* 3). Par conséquent l'avance ou le retard (α), la position à droite ou à gauche de l'avion (β) par rapport au point précalculé, apparaîtront clairement si l'on fait figurer sur l'écran la route instantanée de l'avion calculée grâce au même dispositif que les autres éléments φ, G, h, z, ainsi que sa normale en a. Par ailleurs, l'orientation de l'axe de l'avion matérialisée sur l'écran facilitera grandement le pilotage et l'appréciation de la dérive. Cette orientation de l'axe de l'avion pourra s'obtenir grâce au gisement de l'astre.

Le pilote pourra donc diriger son avion de manière à corriger les erreurs en portée (α) et en direction (β). Les premières doivent être compensées en principe par une action sur la manette des gaz, mais compte tenu des conditions de vol des avions modernes, il semble préférable de faire varier le facteur V qui intervient dans les calculs pour l'adapter exactement à la vitesse de l'avion par rapport à la Terre. Le procédé a l'avantage de donner à chaque instant la valeur de cette vitesse qui s'affichera par simple manipulation d'un bouton de réglage. Les secondes sont corrigées très simplement grâce aux gouvernes de direction.

Les renseignements fournis instantanément par l'appareil seront donc : l'indication permettant le maintien de la trajectoire orthodromique, l'indication du cap, l'appréciation de la dérive, la position instantanée de l'avion et la vitesse de l'avion par rapport au sol.

CHALEUR. — *Sur la tendance des différents carburants à s'enflammer au contact d'un point chaud* Note (¹) de M. **Rostislav Vichnievsky**, présentée par M. Gustave Ribaud

Dans un moteur à combustion interne à allumage commandé, la propagation de la flamme dans le mélange carburé a lieu progressivement à partir de l'étincelle chargée de provoquer l'inflammation. Un front de flamme traverse ainsi la charge carburée.

Dans certaines conditions, la propagation de la flamme peut devenir anormale par suite de l'apparition de fronts de flamme secondaires dans la fraction de la charge non encore atteinte par le front de flamme principal, entraînant une montée plus rapide de la pression.

Les essais pratiques ont montré que les combustibles se comportaient d'une manière différente vis-à-vis de l'inflammation spontanée en masse, vis-à-vis de l'inflammation par point chaud, et aussi vis-à-vis de la combustion accompagnée du cliquetis.

(¹) Séance du 22 septembre 1947.

A l'origine de ces fronts de flamme secondaires, on peut trouver, soit des noyaux de combustible ayant atteint la température d'inflammation spontanée, soit des points de la paroi fortement échauffée (allumage par point chaud); en outre, dans l'un et l'autre des cas précédents, il peut apparaître une combustion vibratoire, accompagnée de cliquetis.

Au cours de nos expériences effectuées sur un moteur monocylindrique expérimental à taux de compression variable, un point chaud artificiel était constitué par un fil résistant, où l'on dissipait par effet Joule une puissance électrique déterminée et réglable; on augmentait progressivement la puissance dissipée dans le fil jusqu'à provoquer l'inflammation du mélange avant que n'éclate l'étincelle de la bougie d'allumage. La détection de la formation du front de flamme secondaire par point chaud se faisait au moyen d'une électrode portée à un potentiel de 90 volts par rapport à la masse et placée dans le voisinage immédiat de la résistance chauffante.

Lorsqu'on caractérise les carburants par la puissance électrique nécessaire pour provoquer le préallumage par point chaud, on constate qu'à un taux de compression et pour une richesse déterminée, les carburants se placent dans l'ordre suivant : méthanol, acétone, éthanol, heptane *n*, benzène, isooctane, xylène, le xylène exigeant la plus forte puissance électrique.

Pour une richesse donnée on peut tracer, pour chaque combustible, la courbe représentant la puissance électrique dissipée en fonction du taux de compression.

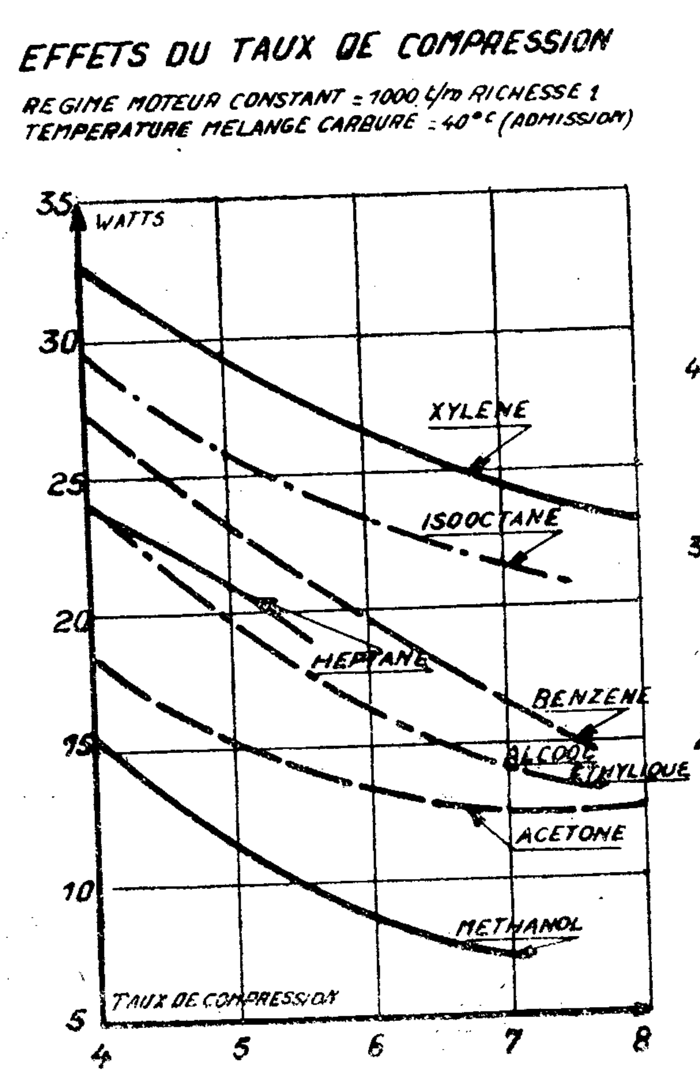


Fig. 1.

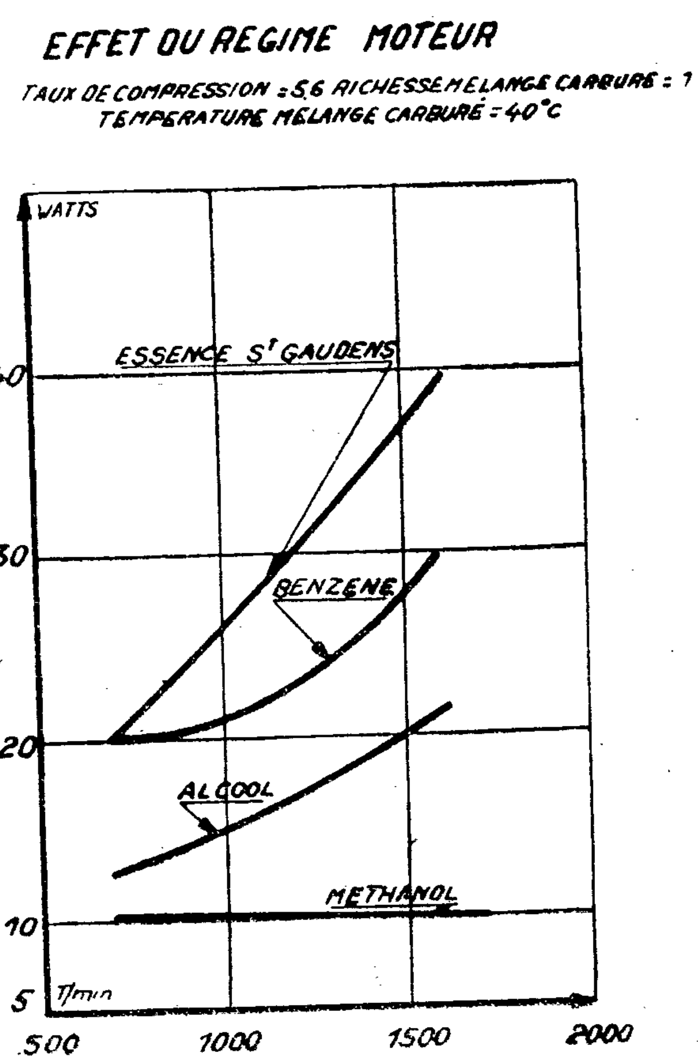


Fig. 2.

Les courbes obtenues pour les divers combustibles sont décroissantes et leurs pentes sont sensiblement les mêmes (*fig.* 1), à l'exception de l'acétone.

Pour un combustible donné, à un régime et à un taux de compression déterminés, la puissance électrique nécessaire pour provoquer le pré-allumage par point chaud :

1° Varie avec la vitesse et passe un minimum pour la richesse stœchiométrique.

2° Décroît avec la température du mélange carburé admis.

Notons que la puissance électrique dissipée dans le fil peut être reliée à la température de celui-ci.

Le régime du moteur a une influence très importante sur la puissance électrique nécessaire au pré-allumage par point chaud. Pour la plupart des combustibles, cette puissance électrique croît avec l'augmentation de la vitesse. Les mélanges d'hydrocarbures constituant l'essence de Saint Gaudens sont plus sensibles. Le méthanol constitue un cas particulier; la puissance électrique nécessaire au pré-allumage par point chaud est faiblement décroissante avec l'augmentation de la vitesse de rotation du moteur (*fig.* 2).

Étant donné la solubilité en toute proportion du xylème et du méthanol, il est possible de réaliser un mélange de ces deux corps ayant la même susceptibilité au pré-allumage par point chaud qu'une essence déterminée. Le méthanol jouerait donc le même rôle dans une échelle de comparaison que celui joué par l'heptane dans le classement des carburants suivant leur résistance au cliquetis.

Dans la présente Note nous avons examiné l'effet de la richesse, des taux de compression, de la vitesse et de la nature du mélange carburé sur la puissance électrique nécessaire à l'inflammation par point chaud du mélange contenu dans le cylindre du moteur avant l'éclatement de l'étincelle d'allumage.

ÉLECTROMAGNÉTISME. — *Nouvelle représentation et forme plus générale des équations de l'électromagnétisme classique.* Note (1) de M. **Émile Durand**.

Dans deux récentes Notes (2) nous avons montré que les grandeurs bilinéaires $M_{pq}=[\psi_K^\star b_{pq}\psi_K]$ formées avec les 16 matrices b_{pq} du type Dirac, convenablement disposées dans un tableau carré, obéissaient aux relations

$$\Sigma_r M_{pr} M_{qr} = \sqrt{|\Delta|}\,\delta_{pq} \tag{1}$$

(Δ est le déterminant des M_{pq}); or le tenseur de Maxwell

$$M^{pq} = -\frac{1}{4\pi}\left[F^{pr}F^{q}{}_{r} - \frac{1}{4}\delta^{pq}F_{rs}F^{rs}\right] = \frac{1}{8\pi}\left[\overline{F^{pr}}\,\overline{F^{q}{}_{r}} - F^{pr}F^{q}{}_{r}\right]$$

obéit à la relation (1); on peut donc le représenter à l'aide des fonctions

(1) Séance du 29 septembre 1947.

(2) *Comptes rendus*, **225**, 1947, pp. 280 et 375.

d'ondes ψ_K; nous avons donné les formules qui permettent de calculer les ψ_K quand on se donne les M_{pq}; elles donnent ici ([3])

$$\sqrt{8\pi}.\psi_u = H_u + iE_u, \qquad \psi_4 = 0, \qquad u = 1, 2, 3.$$

Nous avons montré aussi que les 16 matrices b_{pq} pouvaient s'obtenir par la multiplication asymétrique de 4 matrices de base ε_p telles que $b_{pq} = \varepsilon_p \varepsilon_q$; nous pouvons donc écrire sous la forme suivante les équations de l'électromagnétisme où les fonctions complexes θ_K, ψ_K, Φ_K représentent respectivement les potentiels, les champs et les vecteurs densitaires liés à la matière électrisée ([4])

$$\varepsilon_q \overrightarrow{\partial^q} \psi_K = \varepsilon_0 \Phi_K, \tag{2}$$

$$\varepsilon_q^+ \overrightarrow{\partial^q} \theta_K = \varepsilon_0 \psi_K. \tag{3}$$

Les équations conjuguées peuvent s'écrire

$$\psi_K^\star \overleftarrow{\partial^q} \bar{\varepsilon}_q = \Phi_K^\star \varepsilon_0, \tag{4}$$

$$\theta_K^\star \overleftarrow{\partial^q} \bar{\varepsilon}_q^+ = \psi_K^\star \varepsilon_0 \tag{5}$$

avec

$$\bar{\varepsilon}_q = -\varepsilon_4 \varepsilon_q \varepsilon_4, \qquad \bar{\varepsilon}_q^+ = -\varepsilon_4 \varepsilon_q^+ \varepsilon_4 \qquad (\varepsilon_q^+ \text{ adjointe de } \varepsilon_q).$$

Multiplions (2) en avant par $\psi_K^\star \varepsilon_p$ et (4) en arrière par $\bar{\varepsilon}_p \psi_K$; comme $\bar{\varepsilon}_q \bar{\varepsilon}_p = \varepsilon_p \varepsilon_q$, on en déduit par addition l'expression f^p de la densité de force

$$f^p = \partial_q M^{pq} \quad \text{avec} \quad \begin{cases} M^{pq} = [\psi_K^\star \varepsilon_p \varepsilon_q \psi_K], \\ f^p = [\psi_K^\star \varepsilon^p \Phi_K] + [\Phi_K^\star \bar{\varepsilon}^p \psi_k], \end{cases} \tag{6}$$

f^p et M^{pq} ont le caractère de réalité propre aux notations d'Univers. M^{44} correspond à la densité de présence de la mécanique ondulatoire puisque $\varepsilon_4 \varepsilon_4 = 1$.

Multiplions (2) en avant par l'opérateur $\varepsilon_q^+ \partial^q$, et (3) en avant par l'opérateur $\varepsilon_q \partial^q$; comme on a entre les opérateurs les relations

$$(\varepsilon_q \partial^q)(\varepsilon_p^+ \partial^p) = (\varepsilon_q^+ \partial^q)(\varepsilon_p \partial^p) = \partial_q^q,$$

on en déduit

$$\partial_q^q \psi_k = \varepsilon_q^+ \partial^q \Phi_k, \qquad \partial_q^q \theta_k = \Phi_k.$$

On a donc, tant pour les champs que pour les potentiels, les solutions retardées

$$\psi_k = \iiint [\varepsilon_q^+ \partial^q \Phi_k]_\tau \frac{dv}{r}, \tag{7}$$

$$\theta_k = \iiint [\Phi_k]_\tau \frac{dv}{r}, \tag{8}$$

auxquelles on peut toujours ajouter des solutions de Dalembertien nul.

([3]) Si l'on changeait la représentation en prenant d'autres matrices de base ε_p, la fonction ψ_4 ne serait plus nulle; mais cela introduirait une complication inutile; c'est notre représentation qui est la plus simple.

([4]) Cette forme des équations se conserve pour une rotation d'Univers.

En combinant les relations (2), (3), (7), (8) avec leurs conjuguées par addition et soustraction et après regroupement, on obtient des équations réelles qui ont encore le caractère tensoriel; pour les écrire plus simplement nous poserons

$$\psi_{uv}=\frac{1}{\sqrt{8\pi}}(F_{uv}-F_{\overline{uv}}),\qquad \Phi_u=-\frac{1}{\sqrt{8\pi}}(a_u-b_u),\qquad \theta_u=-\frac{1}{\sqrt{8\pi}}(A_u-B_u),$$

$$\psi^\star_{uv}=\frac{1}{\sqrt{8\pi}}(F_{uv}+F_{\overline{uv}}),\qquad \Phi^\star_u=-\frac{1}{\sqrt{8\pi}}(a_u+b_u),\qquad \theta^\star_u=-\frac{1}{\sqrt{8\pi}}(A_u+B_u),$$

$$\psi_4=\frac{1}{\sqrt{8\pi}}(\Omega_1-\Omega_2),\qquad \Phi_4=\frac{1}{\sqrt{8\pi}}(b_4-a_4),\qquad \theta_4=\frac{1}{\sqrt{8\pi}}(B_4-A_4),$$

$$\psi^\star_4=\frac{1}{\sqrt{8\pi}}(\Omega_1+\Omega_2),\qquad \Phi^\star_4=\frac{1}{\sqrt{8\pi}}(b_4+a_4),\qquad \theta^\star_4=\frac{1}{\sqrt{8\pi}}(B_4+A_4).$$

Les grandeurs $F_{\overline{uv}}$, Ω_2, A_4, B_u, a_4, b_u sont imaginaires pures, les autres sont réelles; on a aussi intérêt à poser

$$f_{pq}=-\{[\partial_p a_q-\partial_q a_p]+[\overline{\partial_p b_q-\partial_q b_p}]\},\qquad \omega_1=\partial_q a^q,\qquad \omega_2=\partial_q b^q;$$

on a alors les équations réelles

$$\text{(I)}\qquad \partial_q F^{pq}+\partial^p\Omega_1=a^p,\qquad \partial_q F^{\overline{pq}}+\partial^p\Omega_2=b^p;$$

$$\text{(II)}\qquad \begin{cases} F_{pq}=-\{[\partial_p A_q-\partial_q A_p]+[\overline{\partial_p B_q-\partial_q B_p}]\}; \\ \Omega_1=\partial_q A^q,\qquad \Omega_2=\partial_q B^q; \end{cases}$$

$$M^{pq}=\frac{1}{8\pi}\{[F^{\overline{pr}}F^{\overline{q}}{}_{r}-F^{pr}F^{q}{}_{r}]+2[\Omega_1 F^{pq}-\Omega_2 F^{\overline{pq}}]+(\Omega_1^2-\Omega_2^2)\,\delta^{pq}\},$$

$$f^p=\frac{1}{4\pi}\{[a_q F^{pq}+\Omega_1 a^p]-[b_q F^{\overline{pq}}+\Omega_2 b^p]\};$$

$$A_p=\iiint[a_p]_\tau\frac{dv}{r},\qquad \Omega_1=\iiint[\omega_1]_\tau\frac{dv}{r},\qquad F_{pq}=\iiint[f_{pq}]_\tau\frac{dv}{r}.$$
$$B_p=\iiint[b_p]_\tau\frac{dv}{r},\qquad \Omega_2=\iiint[\omega_2]_\tau\frac{dv}{r},$$

Le groupe (I) généralise les équations de Maxwell-Lorentz; le groupe (II) généralise la définition des champs à partir des potentiels. Le tenseur M^{pq} n'est plus symétrique; sa trace $M^q_q=(1/2\pi)(\Omega_1^2-\Omega_2^2)$ n'est plus nulle. On retrouve l'électromagnétisme de Maxwell-Lorentz en faisant $B_q=0$ (ce qui entraîne $b_q=\Omega_2=0$) et en faisant $\Omega_1=0$, ce qui entraîne la condition de Lorentz pour les potentiels; on posera enfin $a^p=(4\pi/c)\rho_0 V^p$, ρ_0 étant la densité de charge électrique au repos, V^p la quadrivitesse.

OPTIQUE ÉLECTROMAGNÉTIQUE. — *Sur la propagation normale des ondes dans un milieu stratifié non magnétique*. Note de M. **Florin Abelès**, présentée par M. Jean Cabannes.

Nous envisagerons la propagation sous incidence normale d'ondes monochromatiques planes et sinusoïdales dans un milieu non magnétique dont les caractéristiques sont fonctions d'une coordonnée d'espace, z par exemple.

Il sera caractérisé par son indice de réfraction n, qui est complexe lorsqu'il y a absorption. On déduit des équations de Maxwell que si l'on écrit le champ électrique sous la forme $E_x = U(z)e^{i\omega t}$, U satisfait à l'équation d'onde

$$\frac{d^2U}{dz^2} + \frac{4\pi^2}{\lambda^2} n^2(z) U = 0.$$

R. Gans (¹), dans un Mémoire qui a inspiré ce travail, essaie une solution de la forme $U(z) = F(z) e^{i\frac{2\pi}{\lambda}\int n\,dz}$. On trouve une solution simple, que Gans n'indique pas, dans le cas où $n = n_{10}(az+1)^{-2}$. Dans ce cas, $F/(az+1) = \text{const.}$ et par conséquent,

$$E_x = \left(C_1 e^{-i\frac{2\pi}{\lambda}\int n\,dz} + C_2 e^{i\frac{2\pi}{\lambda}\int n\,dz}\right)\sqrt{\frac{n_{10}}{n}}\, e^{i\omega t}.$$

On trouve que

$$H_y = \left[C_1(\sqrt{n_{10}n} + iX) e^{-i\frac{2\pi}{\lambda}\int n\,dz} - C_2(\sqrt{n_{10}n} - iX) e^{i\frac{2\pi}{\lambda}\int n\,dz}\right] e^{i\omega t},$$

C_1 et C_2 sont des constantes ainsi que $X = (a\lambda/2\pi)$.

Dans un milieu indéfini dont l'indice varie suivant la loi ci-dessus, il n'y aurait pas de réflexion, puisque les solutions correspondant à C_1 et à C_2 sont indépendantes. Par contre il y aura réflexion, même si la variation de n est continue, à l'endroit où sa dérivée est discontinue, c'est-à-dire là où se raccordent deux milieux à variation différente de n, sans pourtant qu'il y ait un saut dans l'indice.

On peut définir une vitesse de propagation, que nous appellerons vitesse cinématique, et qui est celle avec laquelle se propagent les plans transportant une valeur constante de E ou de H. On l'obtient en écrivant, par exemple, pour E que $dE = (\partial E/\partial z)\,dz + (\partial E/\partial t)\,dt = 0$, d'où $v_{\text{él}} = dz/dt$. Ce qui est intéressant, c'est la vitesse moyenne sur une période. On trouve, lorsque le milieu est transparent,

$$\bar{v}_{\text{él}} = \pm \frac{c}{n + \dfrac{X^2}{n_{10}}}, \qquad \bar{v}_{\text{mag}} = \pm \frac{c}{n}.$$

Les signes supérieurs correspondent aux ondes avançant et les signes inférieurs aux ondes se propageant vers les z négatifs. D'où les deux conclusions :

1° Les vitesses des ondes 1 et 2 sont égales et de signes contraires;

2° les vitesses des vecteurs électrique et magnétique sont différentes. Dans le cas où la variation de l'indice est très lente ($X^2 \ll n$), les vitesses de ces deux vecteurs sont égales.

On peut définir aussi, comme dans toutes les propagations d'onde, une vitesse de propagation de l'énergie V par le quotient entre le rayonnement

(¹) *Ann. der Phys.*, 47, 1915, p. 709.

moyen et la densité moyenne d'énergie. Le résultat obtenu n'est pas simple et je ne le donnerai pas ici.

Envisageons maintenant une lame à faces parallèles d'indice n et d'épaisseur d comprise entre deux milieux transparents d'indices n_0 et n_2. Si n_{10} et n_{1d} sont les indices de la lame à ses deux extrémités et si l'on définit un indice moyen par la relation

$$\bar{n} = \frac{\int_0^z n\,dz}{\int_0^z dz},$$

on trouve pour le rapport des amplitudes transmise et incidente l'expression

$$t = \frac{4 n_0 n_{10}}{\left\{ \begin{array}{l} \left(\sqrt{n_{10} n_{1d}} + n_2 \sqrt{\dfrac{n_{10}}{n_{1d}}} + iX\right)(n_{10} + n_0 - iX)\, e^{-i\bar{k}y} \\ -\left(\sqrt{n_{10} n_{1d}} - n_2 \sqrt{\dfrac{n_{10}}{n_{1d}}} - iX\right)(n_{10} - n_0 + iX)\, e^{i\bar{k}y} \end{array} \right\}},$$

qui est valable même lorsque n est complexe. Le facteur de transmission T, qui est égal à $n_2|t|^2/n_0$, s'évalue sans difficulté. Remarquons que l'expression de t est vraie même si les milieux extrêmes sont absorbants. Il suffira simplement pour avoir T, de ne pas oublier que n_0 et n_2 sont complexes. Dans le cas où tous les milieux sont transparents, on a

$$T = \frac{8 n_0 n_{10}^2 n_2}{\left\{ \begin{array}{l} \left(n_{10} n_{1d} + n_2^2 \dfrac{n_{10}}{n_{1d}} + X^2\right)(n_{10}^2 + n_0^2 + X^2) + 4 n_0 n_{10}^2 n_2 \\ -\left[\left(n_{10} n_{1d} - n_2^2 \dfrac{n_{10}}{n_{1d}} - X^2\right)(n_{10}^2 - n_0^2 - X^2) + 4 n_{10} \sqrt{n_{10} n_{1d}}\, X^2\right] \cos 2\bar{k}y \\ + 2\left[n_{10}\left(n_{10} n_{1d} - n_2^2 \dfrac{n_{10}}{n_{1d}} - X^2\right) - \sqrt{n_{10} n_{1d}}\,(n_{10}^2 - n_0^2 - X^2)\right] X \sin 2\bar{k}y. \end{array} \right\}}$$

Dans le cas où la variation de l'indice est très lente, X est infiniment petit par rapport aux n. Si $n_{1d} = n_2$, on trouve que $T = 4 n_0 n_{10}/(n_0 + n_{10})^2$ aux termes en X près. Donc le passage du milieu d'indice n à celui d'indice n_2 ne crée pas de réflexion, ce qui est naturel justement parce que $dn/dz \simeq 0 = dn_2/dz$. Par contre, si la variation de n est très rapide, on a la couche de passage et à la limite on doit retrouver les formules de Fresnel si $n_0 = n_{10}$ et $n_2 = n_{1d}$. On peut ainsi se rendre compte de l'approximation avec laquelle on a les formules de Fresnel lorsque l'épaisseur d devient de plus en plus petite.

Remarquons que $\bar{n} = \sqrt{n_{10} n_{1d}}$ et que, par conséquent, les seules valeurs qui interviennent dans l'expression de T sont celles de n aux deux extrémités de la lame, ce qui ne veut pas d'ailleurs dire que le comportement de n dans la lame soit sans importance, car c'est lui qui nous a donné les expressions de E et de H.

Signalons, pour terminer, que U satisfait dans notre cas à l'équation différentielle des fonctions de Bessel d'ordre $-1/2$.

SPECTROSCOPIE. — *Spectre d'émission* K *de la vapeur d'arsenic* (33). Note de M. **Louis Groven**, présentée par M. Aimé Cotton.

Le rayonnement émis par des gaz raréfiés excités par une décharge électrique oscillante de haute fréquence est particulièrement riche en raies d'étincelle des divers ordres. J'ai étendu l'étude de ce rayonnement jusque dans le domaine des rayons X (entre 1 et 2 Å). Simultanément j'obtenais un nouveau procédé d'excitation des spectres X pour les éléments volatils et gazeux. Ce procédé permet en outre de comparer les spectres émis par un élément à l'état solide et à l'état de vapeur où ceux émis par les composés chimiques différents d'un même élément. Le problème posé ici, au point de vue spectrographique, a été résolu par M^lle^ Y. Cauchois [1] qui nous a aidé de ses conseils.

Source. — La vapeur de l'élément à étudier, ici l'As(33), est contenue dans un tube en pyrex relié à une canalisation à vide et muni d'une tubulure latérale contenant de l'arsenic métallique. La pression de vapeur correspondant à l'intensité maximum d'émission X s'obtient en modifiant la température de cette tubulure. Avec le dispositif d'excitation utilisé, cette pression est de l'ordre de $0^{mm},01$ Hg. L'extrémité du tube placée devant le spectrographe est amincie autant que possible afin d'éviter les pertes de rayonnement par absorption. Le tube-source a un diamètre intérieur de 20^{mm} et une longueur de 250^{mm}. Il est protégé par un épais manchon de pyrex sur lequel sont glissés deux anneaux de laiton. Ces deux anneaux constituent les deux électrodes extérieures distantes de 20^{cm} environ, entre lesquelles est établie la différence de potentiel oscillante. Le tube, le manchon et les électrodes sont plongés dans un bain d'huile afin d'éviter la production d'effluves qui percent très rapidement le tube.

Excitation. — Le courant de haute fréquence est produit par un transformateur alimentant un circuit oscillant, comprenant une capacité de l'ordre de 0,01 μf et un éclateur formé de trois cylindres tournants. La self du circuit oscillant est le primaire d'un transformateur de Tesla dont le secondaire est relié aux deux électrodes entourant le tube-source. La longueur d'onde d'émission du générateur est de l'ordre de 600^{m}, la différence de potentiel à la sortie du générateur est de 80 kV, la puissance de 0,5 kW.

Spectrographe. — Le spectrographe utilisé ici est équipé avec un cristal de mica courbé sous 20^{cm} de rayon. Il sépare nettement les raies $K\beta_1$ et β_3 du Mo dans le premier ordre, pour une dispersion de 25 U.X. par millimètre. Les raies $K\alpha_1$, $K\alpha_2$ et $K\beta_{1,3}$ de l'As sont nettement visibles après des poses de deux heures. Après 12 heures les satellites sont mesurables.

Résultats. — En plus du rayonnement caractéristique, j'observe un spectre continu très net, que je me propose de comparer à ceux émis par des solides et

(1) *Thèse* (*Ann. de phys.*, I, 1934, p. 215).

étudiés par J. Du-Mond [2]. Le spectre K caractéristique est accompagné d'un grand nombre de satellites. Le tableau ci-dessous donne à 0,5 U.X près les résultats des mesures de longueurs d'onde comparés aux résultats antérieurs obtenus à partir d'anti-cathodes solides.

	B. Edlén [3].	H. Hulubei [4].	Shaw et Parratt [5].	Beuthe [6].	M.-L. Allais [7].	L'auteur.
α'_s	–	–	–	–	–	1182,9
α_s	–	1181,5	–	–	–	1181,
α_2	1177,43	–	–	–	–	–
α_1	1173,44	–	–	–	–	–
α'	–	1170	1170,1	–	–	1170,3
α_3	–	1169,7	1169,59	–	–	1169,3
α'_3	–	1169,1	1168,94	–	–	1168,5
α_4	–	1168,2	1168,09	–	–	1167,6
....	–	–	–	–	–	1165,9
....	–	–	–	–	–	1161,2
....	–	–	–	–	–	1061,4
β_0	–	–	–	1059,8	–	1059,6
β'_{II}	–	–	–	–	–	1058,3
β_3	–	–	–	–	1055,64	–
β_1	–	–	–	–	1055,13	–
β_{10}	–	–	–	–	–	1052,2
β_7	–	–	–	–	–	1050,7
β_9	–	–	–	–	–	1047,7
β_5	–	–	–	1046,6	–	1046,6
β'''	–	–	–	–	–	1044,4
β_2	–	–	–	–	1042,87	1042,6

Je retrouve le satellite α_s de grande longueur d'onde signalé comme douteux pour As (33) par H. Hulubei [8] et en plus un autre satellite noté ici α'_s. De même, à côté des satellites classiques α', α_3, α'_3, α_4, j'observe deux autres raies de longueur d'onde plus courte. Dans la région β du spectre, je retrouve les raies mesurées par M.-L. Allais et Beuthe, et en plus cinq autres raies dont l'interprétation la plus probable me semble être celle indiquée dans le tableau.

Le mécanisme de l'émission X dans le genre de décharge envisagé ici est évidemment lié, pour une différence de potentiel donnée, à la pression de la vapeur. Si on double la distance entre les électrodes, toutes les autres conditions restant les mêmes, il y a encore une forte émission X, mais sans trace

(2) *Phys. Rev.*, **72**, 1947, p. 276.
(3) *Zeits. f. Phys.*, **52**, 1928, p. 364.
(4) *Comptes rendus*, **201**, 1935, p. 544.
(5) *Phys. Rev.*, **50**, 1936, p. 1006.
(6) *Zeits. f. Phys.*, **60**, 1930, p. 603.
(7) *Comptes rendus*, **207**, 1938, p. 956.
(8) *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 770.

de spectre K. Si l'on accroît le volume de gaz excité en augmentant le diamètre du tube-source, il n'y a plus émission de rayons X.

La méthode photographique utilisée ici ne se prête pas aussi facilement que les méthodes d'ionisation à l'étude des intensités, largeurs et indices d'asymétrie des raies; d'autre part, le pouvoir dispersif du spectrographe utilisé était faible. Toutefois un premier examen semble indiquer que les raies émises par la vapeur ont une largeur environ deux fois plus grande que celles émises par les solides. L'indice d'asymétrie ne semble pas varier avec l'état physique de l'émetteur, au moins dans le cas de l'As envisagé ici.

SPECTROSCOPIE. — *Influence de la nature du capillaire sur le spectre continu des décharges condensées dans les gaz à basse pression.* Note de MM. **Jacques Romand** et **Boris Vodar**, présentée par M. Jean Cabannes.

Dans des travaux antérieurs (1)(2)(3) nous avons étudié les spectres continus produits par la décharge d'un condensateur dans un gaz à basse pression. Rappelons que cette étude a été faite en modifiant la longueur et le diamètre du tube capillaire (en pyrex), la nature et la pression du gaz ainsi que la densité du courant maximum.

Nous nous sommes proposés d'utiliser ce spectre continu pour faire des études d'absorption dans l'ultraviolet lointain. En vue de cette application nous avons recherché les meilleures conditions de fonctionnement d'une source produisant ce spectre, et nous avons été amenés à étudier l'influence de la nature du capillaire sur ce fonctionnement.

La lampe que nous avons mise au point est du type de celle décrite par G. Collins et W. C. Price (4) avec quelques modifications. Dans tous nos essais le capillaire avait une longueur de 6^{mm} et un diamètre de 8/10 de millimètre. Nous avons vérifié à l'oscillographe que les décharges n'étaient pas oscillantes. Le gaz utilisé était soit l'argon, soit l'hélium; nous avons montré précédemment (1) que, pour de fortes densités de courant, la nature du gaz était indifférente, au moins pour le proche ultraviolet.

Nos observations dans cette région peuvent se résumer comme suit :

a. Pour des décharges de faible puissance (10000 à 15000 amp./cm^2), le fond continu est plus intense avec un tube de silice qu'avec des tubes d'alumine fondue ou de béryl. La magnésie fondue et la zircone donnent des spectres continus très faibles.

b. Pour des décharges de forte puissance (100000 amp./cm^2), l'alumine et la silice viennent en tête, puis le béryl, la magnésie et la zircone.

---

(1) H. Muraour, J. Romand et B. Vodar, *Comptes rendus*, 223, 1946, p. 620.

(2) J. Romand, *Comptes rendus*, 224, 1497, p. 35.

(3) *Comptes rendus*, 224 1947, p. 1634.

(4) *Rev. Sc. Instr.*, 5, 1934, p. 423.

c. Au point de vue de l'usure, l'alumine est nettement le matériau le plus avantageux. Après 700 décharges de puissance moyenne (50000 amp./cm²), le continu est encore à peu près le même jusqu'à la limite d'absorption de l'oxygène de l'air. Après 1500 décharges, son intensité a diminué, mais il est encore utilisable. Avec la silice et le béryl, le continu baisse nettement au bout de 150 décharges, et à partir de 370 il est difficile d'observer les bandes d'absorption de l'oxygène (avec le spectrographe à prisme Hilger dont la dispersion est grande dans cette région). Avec la magnésie les bandes disparaissent pour 100 décharges. Enfin avec la zircone il est difficile de les obtenir quelle que soit la puissance.

d. La zircone et le béryl donnent une poussière en gros grains noirs, et la paroi intérieure du tube capillaire est salie par cette poussière. La magnésie, la silice et l'alumine donnent des dépôts pulvérulents blancs.

Nous avons essayé également la glucine qui donne des résultats moins bons que l'alumine, et le corindon qui donne des résultats analogues à ceux de l'alumine fondue.

Il est évident que la structure de l'échantillon utilisé a une grosse importance (et à ce point de vue notre glucine n'était pas de premier choix). Néanmoins il est probable que les matériaux comme la zircone et béryl ne résistent pas au choc thermique de la décharge, la zircone se dissociant d'ailleurs dans le vide malgré son point de fusion élevé. Ils se fendillent et se dispersent en fragments, ce qui explique leur usure rapide et la formation d'une poussière de gros grains. Au contraire la silice et l'alumine résistent bien au choc thermique. Il se produit seulement une évaporation, beaucoup plus active pour la silice que pour l'alumine (F 1400° C. et 2050° C., É 2230° C. et 2700° C.), ce qui explique l'usure rapide de la première.

En résumé l'emploi de l'alumine pour réaliser le tube capillaire permet d'effectuer sans usure exagérée un nombre de décharges condensées suffisant pour utiliser le spectre continu produit dans ces décharges à des études d'absorption dans l'ultraviolet lointain.

D'autre part il semble que la vapeur du capillaire favorise l'émission du spectre continu, sans en être directement la cause (la courbe de répartition de l'énergie n'étant pas celle du corps noir comme nous l'avons signalé [1]; en effet : 1° la zircone, réfractaire (F 2700°, É 4300°), donne un continu faible, même pour de fortes densités de courant; 2° la silice, volatile (F 1400°, É 2230°), donne un continu déjà intense pour de faibles densités de courant.

Nous avons signalé précédemment [1] l'invariance de l'intensité du spectre continu avec la pression du gaz (pour des densités de courant dépassant 50000 A/cm²). Nous expliquions cette invariance par le fait que les conditions électriques de la décharge (donc le nombre des particules émissives) sont sensiblement indépendantes de la pression, la résistance du tube étant en effet très faible devant les autres résistances du circuit, en

particulier celle que nous mettons en série pour rendre la décharge apériodique. La nature du matériau constituant le capillaire ne doit pas non plus avoir d'influence sur les conditions électriques de la décharge, la résistance de celle-ci restant toujours faible. Par contre elle modifie certainement la pression réelle du milieu dans lequel se produit l'émission. Cette pression instantanée serait très forte comparativement à celle du gaz avant la décharge (un calcul grossier indique plusieurs atmosphères). Il faudrait donc admettre que le mécanisme de freinage que nous avons envisagé ne peut se produire avec un rendement suffisant qu'à des pressions déjà élevées. L'invariance constatée précédemment s'expliquerait alors aisément, le changement, même notable (1 à 80 torr), de la pression du gaz ne modifiant pas ou peu la pression réelle dans la décharge, celle-ci ne dépendant que du matériau constituant le capillaire et de la densité de courant.

CÉRAMIQUE. — *Conditions de frittage des oxydes réfractaires.* Note [1] de M. **René Lecuir**, présentée par M. Paul Pascal.

J'ai signalé dans une Note antérieure [2] que le déplacement, par un solide organique fondu, de la couche gazeuse absorbée à la surface des grains d'une poudre, permet d'obtenir sous pression un aggloméré mécaniquement solide, sans que celui-ci soit désagrégé par la détente de la couche gazeuse lorsque cesse la compression.

L'aggloméré obtenu peut ultérieurement être soumis à la cuisson. J'ai constaté [3] que les contacts établis lors de l'agglomération ne sont pas détruits par une chauffe lente et progressive (environ 75° à 100°/h), assurant l'élimination du liant en raison de sa seule tension de vapeur. On augmente même les contacts par suite des forces capillaires qui tendent à placer de nouvelles surfaces dans leur rayon d'attraction moléculaire réciproque.

Suivant les conceptions de Tamman [4], Jander [5] et Huttig [6], le seul accroissement de mobilité des ions développe une recristallisation des surfaces en contact et conduit à une masse homogène, dont la densité (si les cristaux ne se développent pas exagérément) doit être voisine de celle d'un cristal unique. Cependant, l'industrie céramique n'a jusqu'ici obtenu avec les réseaux d'ions des oxydes que des produits frittés sans résistance mécanique, tant que l'introduction d'une phase liquide n'a pas apporté au système une liaison plus solide.

J'ai utilisé la technique décrite au traitement céramique de poudres d'oxydes

---

(1) Séance du 22 septembre 1947.
(2) *Comptes rendus*, **219**, 1944, pp. 454-455.
(3) *Comptes rendus*, **220**, 1945, pp. 218-220.
(4) *Z. Angew. Chemie*, **39**, 1926, p. 869.
(5) *Z. Electrochemie*, **41**, 1935, p. 435.
(6) *Z. Anorg. und. allgem. Chemie*, **224**, 1935, p. 225.

réfractaires purs. On exclut pratiquement ainsi toute possibilité de combinaison chimique entre les éléments de la poudre, en même temps que la formation d'une phase liquide. Le départ du liant absorbé à la surface des grains laisse ceux-ci liés les uns aux autres en raison des phénomènes d'attraction moléculaire au contact. L'aggloméré reste alors fragile jusqu'à ce que la possibilité d'un déplacement des ions, par suite de l'agitation thermique croissante, détermine le frittage. Celui-ci sera d'autant plus intense que les surfaces en contact seront plus nombreuses. Les dimensions respectives des grains et la pression d'agglomération sont les premiers facteurs dont dépend l'importance de ces surfaces. J'ai utilisé des poudres recueillies entre les deux tamis 250 et 300, et constaté qu'il est nécessaire de recourir à une pression de 2 t/cm² (le mouillage de la poudre étant assuré par 20 % en poids d'urée) pour déterminer la formation d'une masse cristalline homogène, d'une densité voisine de celle d'un cristal unique.

Dans le cas d'oxydes purs, les points défectueux superficiels du réseau cristallin constituent des centres de cristallisation entraînant généralement des déplacements de substance, avec diminution de volume. Par suite, l'emploi d'oxydes calcinés, encore imparfaitement cristallisés, facilite l'obtention d'une masse homogène à pores ultra-microscopiques, alors que l'emploi d'un oxyde nettement cristallisé laisse nécessairement substituer des vides plus grands.

En utilisant des oxydes de magnésium et de glucinium spécialement purifiés, agglomérés au moyen de l'urée sous 2 t/cm², on a obtenu par cuisson au cône Seger 18 (soit 1500°) des masses cristallines homogènes et translucides, dont les densités apparentes sont respectivement 3,29 et 2,50. Par contre, l'emploi de magnésie électrofondue, malgré les impuretés présentes, ne fournit à la même température qu'une matière poreuse, de densité apparente 2,20 au lieu de 3,29 et de pouvoir hygroscopique 15,4 % au lieu de 0,08.

Si une contraction des éléments de l'aggloméré constitue un facteur important pour la réalisation d'une masse homogène cristalline par développement des surfaces de contact, le phénomène inverse a nécessairement pour conséquence une diminution au moins partielle de ces surfaces.

En particulier, si une transformation cristallographique a pour effet d'accroître la capacité de réaction du réseau, comme l'a constaté A. Hedvall [7], l'expérience montre cependant que la destruction des contacts résultant d'une transformation cristalline avec augmentation de volume, joue un rôle prépondérant. Il est encore possible d'obtenir une masse cristalline homogène et rutile, dénuée de porosité, à 1220°, en agglomérant sous 2 t/cm², en raison de la faible dilatation résultant de la transformation de l'anatase en rutile. Par contre, les oxydes de silicium, d'aluminium, de zirconium ne permettent pas la réalisation de masses homogènes cristallines par déplacement intracristallin

---

[7] *Z. angew. Chemie*, 44, 1931, pp. 781-788.

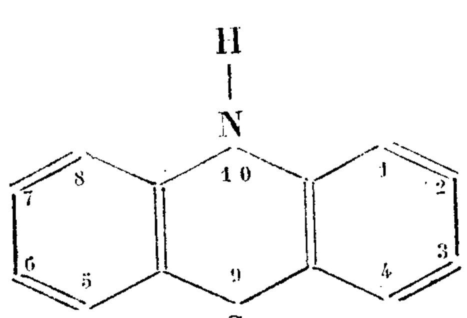
à des températures éloignées de leur point de fusion, par suite de la destruction des contacts, établis au moment de l'agglomération, qui résulte des transformations cristallines accompagnées de variations importantes du volume des grains.

En adoptant 2800° et 2570° pour les températures de fusion des oxydes MgO et BeO, le déplacement intracristallin détermine la formation de masses cristallines homogènes à une température qui est sensiblement la moitié de la température absolue de fusion. La règle de Tamman et Kordes ([8]), donnant la fraction de 0,57 de la température absolue de fusion pour les réseaux d'ions à l'état solide, peut être appliquée à un aggloméré constitué par un oxyde réfractaire pur unique, lorsque celui-ci existe sous une seule forme cristalline dans le domaine de températures utilisées.

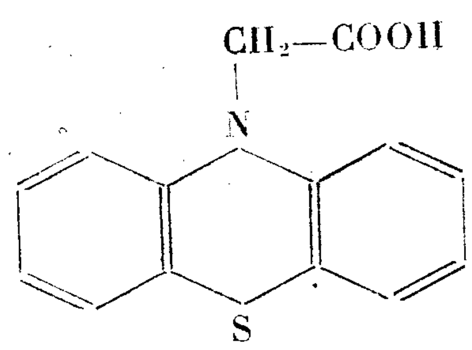
CHIMIE ORGANIQUE. — *Préparation des acides (10-phénothiazyl)-acétique, β-(10-phénothiazyl)-propionique, et de leurs esters éthyliques.* Note ([1]) de M^lle^ **Germaine Cauquil** et M. **André Cassadevall**, présentée par M. Marcel Delépine.

La phénothiazine (I), comprenant deux hétéroatomes, azote et soufre, situés en position *para* l'un par rapport à l'autre, ne donne pas de sels à azote pentavalent. Les électrons célibataires de cet élément interviennent donc seuls par liaison de covalence. Dans ce travail, nous avons étudié la substitution par des radicaux carboxylés de l'atome d'hydrogène fixé sur cet azote. Les 10-méthyl ([2]), 10-allyl ([3]), 10-benzyl-phénothiazines ([4]) ont été décrites ainsi que les esters méthyliques des acides *ortho-*, *méta-* et *para-*(10-phénothiazyl)-benzoïques ([5]) ([6]).

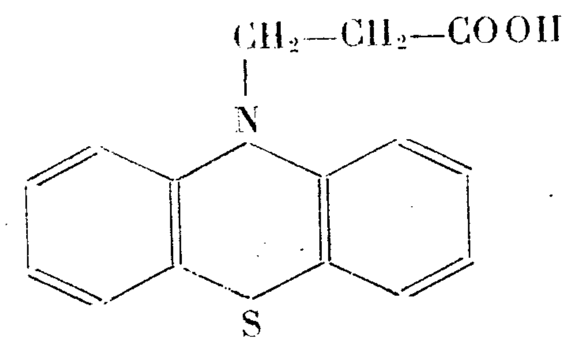
Nous avons obtenu les acides (10-phénothiazyl)-acétique $C_{14}H_{11}O_2NS$ (II) et β-(10-phénothiazyl)-propionique $C_{15}H_{13}O_2NS$ (III), ainsi que leurs esters éthyliques $C_{16}H_{15}O_2NS$ et $C_{17}H_{17}O_2NS$



(I).



(II).



(III).

([8]) E. Kordes, *Z. anorg. und. allgem. Chemie*, **149**, 1925, p. 67.

([1]) Séance du 22 septembre 1947.

([2]) *Ann. der Chemie*, **230**, 1885, p. 88.

([3]) Gilman, Shirley et van Ess, *J. Am. Chem. Soc.*, **66**, 1944, p. 888.

([4]) Finzi, *Gazz. Chim. Ital.*, **63**, 1932, p. 175.

([5]) Gilman, Shirley et van Ess., *J. Am. Chem. Soc.*, **66**, 1944, p. 625.

([6]) Gilman, Shirley et van Ess., *ibid.*, **66**, 1944, p. 1214.

A. La condensation du bromoacétate d'éthyle sur la phénothiazine a été tentée suivant des procédés divers : (*a*) dans le benzène à reflux en présence de carbonate de potassium anhydre et de poudre de cuivre; (*b*) dans le nitrobenzène à reflux en présence de carbonate de potassium et de poudre de cuivre; (*c*) dans le xylène à reflux en présence de catalyseur; (*d*) au bain d'huile à 150-160° sans catalyseur et sans solvant; (*e*) au bain d'huile à 150-160° en présence de catalyseur (carbonate de potassium et poudre de cuivre), sans solvant.

Les essais (*a*), (*b*) et (*d*) n'ont donné aucun résultat, tandis que les essais (*c*) et (*e*) ont permis d'obtenir après traitement approprié un produit $É_2$ 221-222°. C'est l'ester éthylique de l'acide (10-phénothiazyl)-acétique. Après cristallisation dans l'alcool à 95°, ce composé se présente sous deux formes allotropiques : la forme α, F 102°, que l'on obtient directement par cristallisation des solutions alcooliques en longues aiguilles aplaties, et la forme β, F 112°, obtenue par chauffage à fusion de la forme F 102° qui se resolidifie pour fondre à 112°. La solution alcoolique d'ester, ensemencée de forme β, dépose uniquement du solide F 112°, qui, redissous, cristallise uniquement sous la forme F 102°.

L'indice de saponification donne un P. M. de 275 pour 285 calculé. Les dosages d'azote (Kjeldahl) et de soufre (Ter Meulen) : N % 5,2; S % 11,27 pour 4,91 et 11,22 calculés, confirment bien que l'on a obtenu l'ester attendu. La saponification par la potasse alcoolique donne un acide F 210° (II) (par projection) qui se décarboxyle très facilement par chauffage en solution acétique donnant la (10-méthyl)-phénothiazine, F 99°,5. L'obtention de cette substance, déjà étudiée par Bernthsen [2], fixe la position du groupement carboxylé.

B. Les mêmes essais ont été effectués en remplaçant le bromoacétate d'éthyle par le β-bromopropionate d'éthyle; c'est seulement dans les conditions de (*e*) et en élevant la température à 180° que l'on obtient l'ester éthylique de l'acide β-(10-phénothiazyl)-propionique, F 64°, $É_{20}$ 263-265°, $É_9$ 237-240°. La saponification par la potasse alcoolique donne l'acide F 161° qui, par estérification sulfurique, redonne l'ester F 64°, dans l'alcool ou l'éther de pétrole.

Contrairement à son homologue inférieur, cet acide ne se décarboxyle pas sous l'action de la chaleur en milieu acétique. L'ester existe sous une seule forme. Le dosage acidimétrique donne un P. M. de 276 pour 271 calculé. Les dosages d'azote et de soufre : N % 4,99; S % 10,73 pour 4,68 et 10,70 calculés, sont en accord avec la formule adoptée.

Ce type de réaction est donc catalysé par la présence du cuivre et ne se produit qu'à partir d'une température optima, probablement la température d'ébullition du dérivé halogéné; la présence de solvant est plutôt défavorable au rendement.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Une nouvelle préparation de l'acide furylglycolique.* Note (¹) de M. **Henri Normant**, présentée par M. Marcel Delépine.

L'acide furylglycolique $\underbrace{CH{=}CH{-}CH{=}C}_{O}{-}CHOH.COOH$ $(C_6H_6O_4)$

préparé par E. Fischer (²), selon la série de transformations (où Fu désigne le radical furyle)

$$Fu.COOH \xrightarrow[98\,\%]{SOCl_2} Fu.COCl \xrightarrow[60\,\%]{CNH+\text{pyridine}} Fu.CO.CN$$
$$\xrightarrow[75\,\%]{HOK} Fu.CO.COOH \xrightarrow[59\,\%]{Hg-Na} Fu.CHOH.COOH,$$

n'a guère été étudié. Le rendement final, à partir du furfural, est de 16 % environ.

Il paraissait possible d'obtenir plus rapidement cet hydroxy-acide en s'adressant à la cyanhydrine du furfural. Malheureusement, ce composé est instable (³). Et la saponification alcaline ou acide de sa forme brute ou de son benzoate (⁴) ne conduit qu'à des produits de résinification. On évite, par contre, ces échecs, en estérifiant au préalable la fonction nitrile. Pour cela, on fait passer un courant de ClH dans la solution éthéro-alcoolique du benzoate maintenue vers 0°. On a ainsi obtenu $Fu.CH(OCOC_6H_5)COOR$ avec $R = CH_3$, F 102° (⁵) (éthanol); $R = C_2H_5$, F 100° (éthanol) rendement 90 %.

Par saponification alcaline on passe ensuite à l'acide-alcool très soluble dans l'eau et aisément séparable de l'acide benzoïque. L'extraction et la purification abaissent le rendement qui reste cependant voisin de 80 %. La nouvelle préparation peut se schématiser ainsi :

$$Fu.CHO \xrightarrow[90\,\%]{C_6H_5COCl+CNNa} Fu.CH(O.COC_6H_5).CN$$
$$\xrightarrow[90\,\%]{ClH+C_2H_5OH} Fu.CH(O.COC_6H_5).COOC_2H_5$$
$$\xrightarrow[80\,\%]{HOK \text{ puis } SO_4H_2} Fu.CHOH.COOH$$

soit, après trois opérations, un rendement final de l'ordre de 65 %.

L'acide furylglycolique fond nettement à 117° (acétate d'éthyle + éther de pétrole) en se décomposant. Sa sensibilité aux réactifs acides, qui rappelle celle des furylcarbinols, et sa décomposition dès 117°, en font un composé fragile. Il est décomposé à froid, par $SOCl_2$; à chaud par $CH_3{-}COCl$, $C_6H_5{-}COCl$,

(¹) Séance du 29 septembre 1947.
(²) E. Fischer et F. Brauns, *Ber. deuts. chem. Ges.*, **46**, 1913, p. 892.
(³) Ultée, *Rec. tr. chim.*, Pays-Bas, **28**, 1909, p. 257.
(⁴) Aloy et Rabaud, *Bull. Soc. chim.*, **13**, 1913, p. 460.
(⁵) Point de fusion instantanée au bloc, comme tous ceux indiqués.

par une trace de ClH ou Cl_2Zn, par SeO_2, etc. Ses esters et ses sels alcalins sont toutefois plus stables et permettent, en outre, de passer à plusieurs dérivés (benzoïnes mixtes, produits d'hydrogénation), sans isolement préalable de l'acide.

Dérivés. — *a. sels de :*

Potassium F 151-152°; solvant : éthanol + éther anhydre.

Sodium F 144°; solvant : éthanol + éther anhydre.

Benzylamine F 141-142° (déc.); solvant : alcool absolu.

Phénylhydrazine F 62-63°; solvant : éthanol + éther de pétrole.

Cinchonine F 166-167°.

Et une fraction huileuse.

b. Esters :

Benzylique ($C_{13}H_{12}O_3$) F 50-51° (alcool dilué).

Méthylique ($C_7H_8O_3$) $É_{15}$ 115-116°; D^{s}_{16} 1,263.

Éthylique ($C_8H_{10}O_3$) $É_{11}$ 113-114°, F 40° (acétate d'éthyle) rendement 75 %.

Phénacylé ($C_{14}H_{12}O_4$) F 96-97° (alcool).

Ces esters sont facilement hydrolysables.

c. Hydrogénation. — Le sel de sodium en milieu alcoolique, à 50° et sous pression initiale de 15^{kg} (6), est hydrogéné, en présence de Ni Raney, en acide tétrahydro-furylglycolique

$CH_2—CH_2—CH_2—CH—CHOH.COOH(C_6H_{10}O_4)$ (rendement 80 %).
|______O______|

On en isole environ 50 % de beaux petits prismes (acétate d'éthyle) F 129° et une huile formant sans doute le diastéréoisomère. Ces résultats montrent la spécificité du Ni Raney vis-à-vis du noyau furannique, car dans des conditions assez comparables le mandélate de sodium a fourni à Ipatief (7) un mélange des acides phényl et cyclohexylacétiques.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur des dérivés d'aldéhydes du type glycérique.* Note (1) de MM. **Albert Kirrmann** et **François Krausz**, présentée par M. Marcel Delépine.

On sait que les aldéhydes α-éthyléniques fournissent par addition d'halogène des dérivés instables. Pourtant, Lichtenberger et Naftali (2) ont montré qu'une ramification de chaîne en position α produisait une remarquable stabi-

(6) Essai effectué par M. Vallette au laboratoire du Professeur Prévost.

(7) *Ber. deuts. chem. Ges.*, 59, 1926, p. 309.

(1) Séance du 23 juin 1947.

(2) *Bull. Soc. Chim.*, 4, 1937, p. 325.

lisation. Les dichlorures du type $R\text{-}CH_2-CHCl-C(R)Cl-CHO$ agissent facilement sur le méthylate de sodium et ont fourni à ces auteurs des dérivés diméthoxylés, mais dont les propriétés ne correspondent pas aux aldéhydes attendus $R-CH_2-CH(OCH_3)-CR(OCH_3)-CHO$, du type glycérique. Dès 1938, Kirrmann et Lichtenberger ([3]) avaient montré, par l'effet Raman, que ces dérivés ne possédaient pas de fonction aldéhyde libre, et ils ont envisagé une structure oxydique de formule (I) ou (II)

$$\text{(I)} \qquad R-CH_2-\underset{\llcorner\!\!-\!\!-\!\!-\!\!-\!\!-\!\!-\!\!-\!\!-}{CH}-CR(OCH_3)-\underset{-\!\!-\!\!-\!\!-\!\!\lrcorner}{\overset{}{CH}}\!\underset{O}{}\qquad-OCH_3,$$

$$\text{(II)} \qquad R-CH_2-CH(OCH_3)-\underset{\llcorner O \lrcorner}{CR-CH}-OCH_3.$$

Nous avons repris l'étude de ces composés, R étant CH_3 et C_2H_5. Une structure telle que (I) ou (II), analogue à celle des osides, doit faire envisager une libération de la fonction aldéhyde par une hydrolyse facile. Effectivement, une courte ébullition avec de l'acide sulfurique normal nous a donné un produit réduisant la liqueur de Fehling et le nitrate d'argent ammoniacal.

Nous avons cherché ensuite à préciser la structure du composé hydrolysé, en isolant les produits de l'oxydation argentique. C'est l'acide $R-CH_2-COOH$ que nous avons obtenu. Il était peu probable que l'oxyde d'argent ait provoqué une rupture de chaîne. On pouvait penser que l'oxydation avait touché l'aldéhyde $R-CH_2-CHO$, préformé par l'hydrolyse. Une nouvelle expérience d'hydrolyse, suivie d'une distillation prudente avec la vapeur d'eau, a permis de mettre effectivement cet aldéhyde en évidence sous forme de sa *p*-nitrophénylhydrazone.

Une pareille coupure hydrolytique n'était vraisemblable que pour un aldéhyde β-alcool, dérivé de la structure (I),

$$R-CH_2-CH(OH)-CR(OCH_3)-CHO$$

Cette hypothèse a été confirmée par l'action d'un magnésien. Le composé hydrolysé, repris par l'éther, séché sur SO_4Na_2, débarrassé du solvant et de l'aldéhyde volatil par évaporation dans le vide, a été soumis à l'action de C_3H_7MgBr. On s'attend à un composé de formule (III)

$$\text{(III)} \qquad C_2H_5-CH(OH)-C(CH_3)(OCH_3)-\vdots-CH(OH)-C_3H_7.$$

Le produit brut de la réaction, extrait à l'éther, séché, débarrassé du solvant par évaporation dans le vide, est dissous dans le benzène et attaqué par le tétracétate de plomb. L'oxydation coupe suivant le pointillé. Nous avons en effet isolé l'aldéhyde butyrique et la pentanol-3 one-2, identifiée par sa semi-

([3]) *Comptes rendus*, **206**, 1938, p. 1259.

carbazone ([4]) et par son osazone ([5]). Ces produits sont compatibles avec la formule (III), dérivée de (I), alors que l'isomère dérivé de (II) aurait conduit à la méthoxy-3 pentanone-2.

La ramification de chaîne dans les aldéhydes dihalogénés provoque ainsi d'importantes différences de propriétés par rapport aux aldéhydes linéaires monohalogénés, tant en α ([6]) qu'en β ([7]).

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la préparation de deux dichlorures de cholestérol isomères.* Note de MM. **Jean Décombe** et **Jean Rabinovitch**, présentée par M. Marcel Delépine.

On sait que lorsqu'on fixe deux atomes d'halogène sur la double liaison du cholestérol, il apparaît dans la molécule deux nouveaux atomes de carbone asymétrique, ce qui entraîne la possibilité de quatre stéréoisomères. Or, il n'a jamais été obtenu qu'un composé unique dont la structure semble fonction de l'halogène. En effet, Butenandt ([1]) attribue au dibromure la structure *coprostanol* (cycles 1 et 2 disposés comme dans la cis-décaline), tandis que nous-mêmes, dans un précédent travail ([2]), avons conclu pour le dichlorure à la structure *cholestanol* (cycles 1 et 2, comme dans la trans-décaline).

En utilisant comme agent de chloruration le dichlorure d'iodobenzène $C_6H_5{-}I{<}^{Cl}_{Cl}$, Wallis ([3]) a réussi, récemment, dans le groupe des stérols, à préparer deux dichlorures du benzoate de cholestérol. Mais ces composés perdent de l'acide chlorhydrique par saponification, de sorte qu'ils ne permettent pas d'isoler les dérivés correspondants du cholestérol lui-même.

Nous avons pensé qu'il serait possible d'atteindre ce résultat en remplaçant l'ester benzoïque par l'ester formique, dont la saponification est beaucoup plus facile. C'est en effet ce qu'a confirmé l'expérience, conduite de la façon suivante :

Le formiate de cholestéryle *parfaitement anhydre*, en solution normale dans le chloroforme, est additionné de la quantité calculée de dichlorure d'iodobenzène. On chauffe une demi-heure au bain-marie à reflux avec un réfrigérant ascendant muni d'un tube à chlorure de calcium. Puis on évapore le solvant dans le vide et l'on reprend le résidu par de l'alcool à 95° bouillant.

([4]) Venus-Daniloff, *Bull. Soc. Chim.*, 4e série, **43**, 1928, p. 584.
([5]) Pechmann et Dahl, *Ber. deuts. chem. Ges.*, **23**, 1890, p. 2425.
([6]) Kirrmann, *Ann. Chim.*, **11**, 1929, p. 223.
([7]) Kirrmann, Goudard et Chahidzadeh, *Bull. Soc. Chim.*, **8**, 1935, p. 2135.

([1]) Butenaudt et Schramm, *Ber. deuts. chem. Ges.*, **69**, 1936, p. 2289.
([2]) *Bull. Soc. Chim.*, 5e série, **6**, 1939, p. 1520.
([3]) *J. Biol. Chem.*, **162**, 1946, p. 691.

Il reste un résidu cristallisé, fondant à 183°. De la solution alcoolique additionnée d'une faible quantité d'eau, il vient des cristaux qui après, deux cristallisations dans de l'alcool contenant un peu d'eau, fondent à 124-125°.

Ces deux corps sont deux formiates de deux dichlorures de cholestérol isomères. En effet, traités pendant 20 minutes à 40° avec un très faible excès de soude alcoolique N/10, ils donnent deux alcools qui fondent respectivement à 165-167° et 132-135° (après deux cristallisations dans l'alcool aqueux). Le deuxième s'identifie aisément avec l'unique dichlorure connu jusqu'ici. Le premier est un isomère du précédent, ainsi que le montre l'analyse suivante : trouvé : Cl % 15,6; calculé pour $C_{27}H_{46}OCl_2$: Cl % 15,53.

Les rendements sont assez faibles par suite des pertes dans les cristallisations. De plus, il est intéressant de signaler que les résultats dépendent pour une large part de l'état de dessiccation du formiate de cholestéryle. Il arrive en effet qu'avec un ester mal séché les rendements en formiate dichloré fondant à 183°, tombent à zéro.

Nous nous proposons d'étudier ces deux isomères dans le cadre de nos recherches antérieures sur ce sujet [*loc. cit.*, (2)].

MÉTÉOROLOGIE. — *Sur la théorie des cyclones.*

Note (1) de M. **Paul Queney**, transmise par M. Charles Maurain.

Il a été montré au cours des dix dernières années que beaucoup d'effets hydrodynamiques, apparemment complexes, observés dans l'atmosphère à diverses échelles au voisinage des massifs montagneux, peuvent être expliqués dans une très large mesure par la théorie des perturbations adiabatiques d'un courant atmosphérique stratifié, compte tenu de la rotation terrestre; dans ce cas il s'agit de perturbations stationnaires forcées.

La considération de perturbations libres instables pour élucider le problème de la formation des cyclones du front polaire fut proposée par V. Bjerknes et l'école norvégienne de météorologistes, mais ceux-ci n'envisagèrent que des courants uniformes et généralement isothermes, et négligèrent l'effet de la courbure terrestre. Des essais ultérieurs de généralisation de ces études sont incorrects, car ils négligent *a priori* les effets des mouvements verticaux de l'atmosphère.

D'autre part, C. G. Rossby, aux États-Unis, montra l'existence possible, dans un courant atmosphérique zonal, d'ondes libres stables et pratiquement horizontales, susceptibles d'expliquer les grands centres d'action semi-permanents, et dont la loi de propagation est régie par la variation géographique du paramètre de Coriolis.

Une étude théorique complète des perturbations adiabatiques d'un courant

(1) Séance du 11 août 1947.

rectiligne ou zonal, faisant intervenir à la fois les gradients verticaux et horizontaux du vent et de la température et tenant compte aussi de la courbure terrestre, a pu être abordée par l'auteur et a conduit aux résultats pratiques suivants :

1° L'existence possible d'ondes libres et stables à grande période (trois jours au moins), dont la propagation est essentiellement régie par la variation géographique du paramètre de Coriolis et par la stratification verticale de l'atmosphère, est confirmée dans le cas d'un courant uniforme.

2° L'effet d'un gradient vertical *uniforme* du vent dans la troposphère, nécessairement associé à un gradient horizontal de la température, est d'accroître la stabilité des ondes si la température décroît vers le pôle (cas normal aux latitudes moyennes), et de la réduire dans le cas contraire (cas fréquent au sud des grands anticyclones tropicaux de l'hémisphère nord). Il est donc permis de concevoir, pour des valeurs suffisantes du gradient de la température, l'apparition d'ondes instables, et par suite une explication possible des perturbations tropicales.

3° L'effet du gradient horizontal de la température est fonction de la longueur d'onde de la perturbation et présente probablement un maximum pour une valeur bien définie de cette longueur d'onde, de l'ordre de 2000 à 6000^{km}, ce qui déterminerait la dimension des perturbations instables éventuelles.

Une des principales conclusions de cette étude est qu'il est impossible d'expliquer les cyclones des latitudes moyennes par des ondes instables dues à une décroissance *régulière* de la température vers le pôle, et qu'il est probablement nécessaire d'envisager pour la théorie de ces cyclones une instabilité due à un gradient horizontal du vent, plus ou moins accrue par les effets des propriétés physiques de la vapeur d'eau (échanges d'énergie dus au rayonnement et à la condensation). Cette conclusion rejoint la nouvelle idée du *jet stream* avancée récemment par C.-G. Rossby comme trait caractéristique de la circulation générale aux latitudes moyennes.

ÉLECTRICITÉ ATMOSPHÉRIQUE. — *Un électromètre à lampes destiné aux mesures d'électricité atmosphérique*. Note (¹) de M. **Gaston Grenet**, transmise par M. Charles Maurain.

P. Lejay (²) a montré dès 1924 l'usage que l'on pouvait faire des tubes à vide en électrométrie.

Depuis quelques années on construit des lampes électromètres qui permettent d'obtenir une sensibilité largement suffisante pour la plupart des mesures

(¹) Séance du 22 septembre 1947.

(²) *Sur un électromètre à lampe triode et son application à la mesure du gradient électrique de l'atmosphère* (*Comptes rendus*, **178**, 1924, p. 1480). *Sur l'emploi des lampes à plusieurs électrodes en électrométrie* (*Comptes rendus*, **178**, 1924, p. 2171).

d'électricité atmosphérique. Mais le maniement de ces lampes exige quelque habileté et en tout cas des précautions, tant pour éviter la dérive du zéro que pour maintenir un isolement suffisant.

Comme la sensibilité nécessaire pour les travaux d'électricité n'est pas très grande, j'ai pensé qu'il était utile de mettre au point un dispositif peut-être un peu moins sensible, mais pour lequel la dérive du zéro et les défauts d'isolement seraient totalement éliminés et qui n'utiliserait qu'une alimentation par secteur et des tubes ordinaires.

Pour cela il suffit de faire agir la tension à mesurer sur l'une des armatures d'un condensateur variable actionné par une lame vibrante. On obtient sur l'autre armature une tension alternative proportionnelle à la tension continue appliquée à la première armature. Cette tension est appliquée à la grille de la lampe d'entrée d'un amplificateur dont le courant de sortie est utilisé pour actionner un milliampèremètre.

La seule précaution à prendre consiste à utiliser sur la première lampe une tension anodique au plus égale à 40 volts et une polarisation grille de l'ordre de — 1,5 volt. Dans ces conditions, presque toutes les lampes supportent une résistance de fuite de 100 mégohms indispensable pour obtenir une sensibilité convenable.

Un appareil d'essai a été construit. Le condensateur variable à air a une armature mobile vibrant à 100 périodes par seconde constituée par une plaque d'une surface de $5^{\text{cm}^2},5$; l'écartement des armatures varie de 1 à $2^{\text{mm}},5$, de sorte que l'on calcule que la capacité varie de $2^{\text{cm}},9$ à $1^{\text{cm}},1$ et que la tension efficace appliquée à la grille de la première lampe est égale au 1/30 de la tension continue d'entrée.

L'amplificateur étant constitué par deux pentodes type 77 couplées par résistance et capacité, la tension efficace de sortie est égale à 50 fois la tension continue d'entrée. En plaçant aux bornes de la résistance de sortie un milliampèremètre à redresseur en série avec un condensateur, on obtient un électromètre de zéro dont la sensibilité est 0,02 volt.

La sensibilité est limitée par le bruit de fond de l'appareil. On pourrait probablement l'améliorer en augmentant la fréquence des vibrations, même si cela réduisait l'amplitude des variations de capacité. L'armature du condensateur sur laquelle on applique la tension est fixe et peut être isolée aussi bien que dans n'importe quel électromètre. La fuite de grille n'a donc aucune influence sur l'isolement de l'électromètre, mais seulement sur sa sensibilité.

Cet appareil, associé à un Gerdien ordinaire, m'a permis de mesurer la conductibilité électrique de l'air.

Je n'ai pas cherché à utiliser cet appareil autrement que comme appareil de zéro. Son utilisation comme appareil indicateur de tension de précision ne semble en effet possible qu'en lui adjoignant un dispositif de contre-réaction convenable.

ANATOMIE VÉGÉTALE. — *Fibres aréolées conductrices chez certaines Apocarpales et divers aspects de trachéides du type cycadéen chez les Dicotylédones hétéroxylées.* Note de M. **Robert Lemesle**, présentée par M. Louis Blaringhem.

Nous avons déjà signalé chez le *Sargentadoxa cuneata* Rehd. et Wils. (Sargentadoxacées) l'existence de trachéides à ponctuations aréolées de type cycadéen (1). Un examen approfondi du xylème de cette espèce nous révèle un autre caractère : des perforations ovales, lesquelles établissent une communication entre certaines trachéides. Chez cette plante, nous constatons ainsi la présence simultanée de « fibres aréolées conductrices » ou « trachéides ouvertes » et de trachéides vraies dépourvues de perforations simples, coexistence que nous avons mentionnée d'autre part chez les « Ipécacuanhas » (2). A ce point de vue, les Sargentadoxacées se distinguent des Schizandracées, Illiciacées et Cercidiphyllacées dont le bois secondaire renferme toujours des « trachéides vraies ».

Il restait à chercher la nature des fibres ligneuses des Lardizabalacées, Dialypétales Apocarpales voisines des Sargentadoxacées; dans ce but, nous avons étudié les tiges des genres *Lardizabala*, *Holboellia*, *Akebia* et *Boquila*.

Chez le *Lardizabala triternata* R. et P., originaire du Chili, nous voyons des trachéides de 300 à 500 μ de longueur, à extrémités effilées ; en coupe transversale, elles se montrent quadrangulaires, pentagonales ou hexagonales ; toutes leurs faces sont pourvues de ponctuations aréolées circulaires, à ouvertures obliques et croisées, ordinairement en une seule rangée ; le diamètre des aréoles varie de 6 à 7 μ ; ici, nous ne remarquons jamais de perforations. Ces « trachéides vraies » sont accompagnées de vaisseaux à contour ovoïde, à perforations simples, à ponctuations aréolées tantôt ovoïdes à fentes obliques et croisées, tantôt étirées horizontalement.

Chez le *Lardizabala biternata* R. et P. du Chili, la structure est semblable, mais les vaisseaux diffèrent par la présence, sur la face interne, de rubans formant des épaississements spiralés.

Dans les tiges d'*Holboellia latifolia* Wall. de l'Himalaya, d'*H. coriacea* Diels de Chine, d'*H. chapoensis* Gagnep. du Tonkin, le bois secondaire se distingue par la coexistence de « trachéides vraies » et de « trachéides ouvertes » à perforations ovoïdes ; les ponctuations aréolées du type cycadéen se voient sur tous les côtés, ordinairement en une seule rangée ; le diamètre des aréoles ne dépasse pas 5 μ. De plus, les faces internes de ces trachéides sont pourvues de minces bandes spiralées à tours très rapprochés, lesquelles en s'entrecroisant forment parfois un fin reticulum. On remarque aussi de grands vaisseaux ouverts, à ponctuations aréolées de forme elliptique dont les fentes sont étirées et parallèles entre elles ; leurs faces internes montrent la striation spiralée.

Dans les tiges d'*Akebia quinata* Decne de Chine, d'*A. lobata* Decne du Japon et de *Boquila trifoliata* DC. du Chili, le xylème présente des éléments identiques à ceux des *Holboellia*.

---

(1) *Comptes rendus*, **216**, 1943, p. 496.
(2) *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 144.

Il résulte de l'ensemble de nos recherches que les trachéides à ponctuations aréolées à ouvertures obliques et croisées (type cycadéen) se retrouvent encore chez les Lardizabalacées. On les voit ainsi dans plusieurs familles de Dicotylédones hétéroxylées. Ces éléments comprennent deux sous-types : les *trachéides vraies* qui ne communiquent entre elles que par les fentes de leurs aréoles, et les *trachéides ouvertes* pourvues de perforations simples, lesquelles proviennent sans doute de la coalescence de plusieurs aréoles voisines (nous appelons encore ces dernières *fibres aréolées conductrices*, car leur superposition leur permet sans doute de jouer le rôle de vaisseaux parfaits). Dans chacun de ces sous-types, la face interne des trachéides se montre tantôt lisse, tantôt munie de minces bandes sclérifiées disposées en spirales entrecroisées.

On peut donc distinguer dans le bois des Dicotylédones hétéroxylées : 1° La présence constante de trachéides vraies à face interne lisse (Schizandracées, Illiciacées, Cercidiphyllacées; puis, chez les Lardizabalacées, le g. *Lardizabala*); 2° La coexistence de trachéides vraies et de trachéides ouvertes à face interne lisse (Sargentadoxacées, les Rubiacées connues sous le nom d'« Ipécacuanhas »); 3° La coexistence de trachéides vraies et de trachéides ouvertes, à face interne spiralo-réticulée (chez les Lardizabalacées, les g. *Holboellia*, *Akebia* et *Boquila*).

EMBRYOGÉNIE VÉGÉTALE. — *Embryogénie des Caryophyllacées. Développement de l'embryon chez le* Stellaria uliginosa *Murr.* Note de M. **Pierre Crété**, présentée par M. René Souèges.

Les travaux de R. Souèges sur l'*Arenaria serpyllifolia*, le *Sagina procumbens*, le *Scleranthus perennis*, le *Herniaria glabra* et le *Polycarpon tetraphyllum* (¹) prouvent que l'étude embryogénique des Caryophyllacées peut apporter une aide précieuse pour résoudre le problème de la classification de cette famille. Les premiers résultats permettraient d'en détacher les deux tribus des Paronychiées et des Polycarpées, tandis que les Scléranthées s'avéreraient très proches des Alsinées, ce qui justifierait leur place actuelle dans la famille des Caryophyllacées. Il est même apparu que l'*Arenaria serpyllifolia*, considéré comme une Alsinée, présente des différences, secondaires il est vrai, avec le *Sagina procumbens* de la même tribu, tandis qu'il s'apparente étroitement, au point de vue embryogénique, avec le *Scleranthus perennis*, l'un des représentants des Scléranthées. Le *Stellaria uliginosa* est une Alsinée, très voisine des *Arenaria* par les caractères de son fruit. Il s'agit de vérifier si le mode de développement de l'embryon permettra d'étendre à cette espèce les conclusions qui ont pu être émises au sujet de l'*Arenaria serpyllifolia*.

(¹) Voir *Comptes rendus*, **221**, 1945, p. 320; **175**, 1922, p. 709 et p. 894; **206**, 1938, p. 1404; **221**, 1945, p. 41; *Bull. Soc. bot. Fr.*, **71**, 1924, p. 590; **85**, 1938, p. 353.

Chez le *Stellaria uliginosa*, comme chez les autres Caryophyllacées, la cellule apicale se substitue à la cellule embryonnaire primordiale dans ses fonctions. La cellule basale ne fait que croître et forme une vésicule haustoriale (*fig.* 1 à 13).

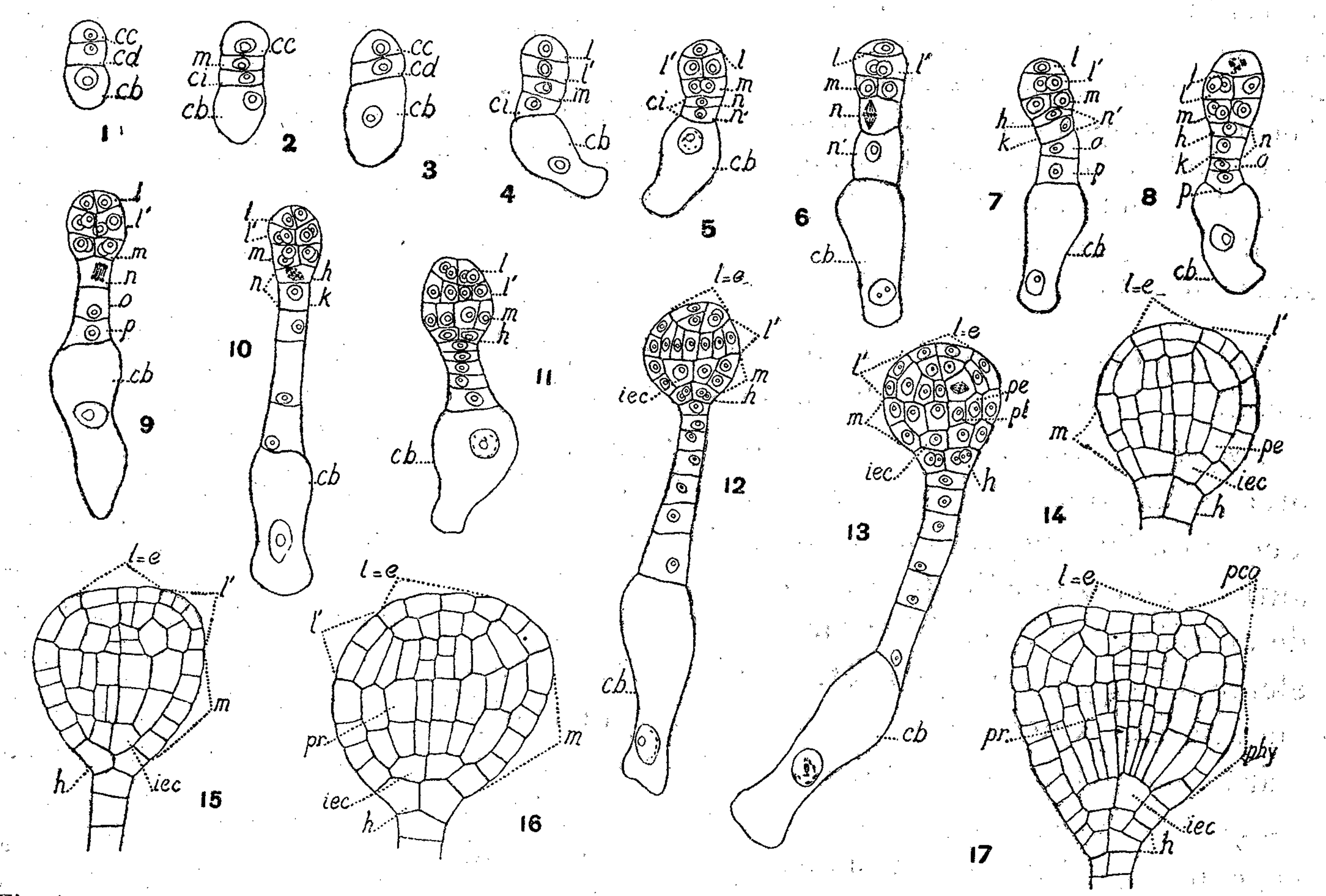


Fig. 1 à 17. — *Stellaria uliginosa* Murr. — Les principaux termes du développement de l'embryon *ca* et *cb*, cellule apicale et cellule basale du proembryon bicellulaire; *cc* et *cd*, cellules-filles de *ca*; *l*, cellule-fille supérieure de *cc* ou épiphyse, *e*; *l'*, cellule-fille inférieure de *cc* ou partie cotylée *s. stricto*; *m*, cellule-fille supérieure de *cd* ou partie hypocotylée; *ci*, cellule-fille inférieure de *cd*; *n* et *n'*, cellules-filles de *ci*; *h*, cellule-fille supérieure de *n* ou primordium de la coiffe *k*, cellule-fille inférieure de *n*; *o* et *p*, cellules-filles de *n'*; *de*, dermatogène; *pe*, périblème; *pl*, plérome; *pr*, péricycle; *pco*, partie cotylée; *phy*, partie hypocotylée; *iec*, initiales de l'écorce de la racine. G. = 320.

La cellule apicale *ca* fournit deux éléments superposés *cc* et *cd* (*fig.* 1 et 3), dont la division à peu près simultanée (*fig.* 2) donne naissance à une tétrade linéaire comprenant de haut en bas les blastomères *l*, *l'*, *m* et *ci*. Chacun de ces blastomères devient bicellulaire, puis quadricellulaire, les éléments étant juxtaposés dans tous les cas, sauf en *ci*, où ils sont superposés (*fig.* 5 à 11). Il ne m'a jamais été donné de rencontrer de proembryons nettement octocellulaires, ou dodécacellulaires, les segmentations se produisant plus lentement en *l*.

L'élément *l* correspond à une épiphyse : il produit le cône végétatif de la tige.

L'élément *l'* donne naissance à la partie cotylée proprement dite et aux premières cellules de la région supérieure du cylindre central. Se différencient successivement le dermatogène (*fig.* 2), le périblème et le plérome (*fig.* 12 à droite). Dans le plérome, il apparaît des éléments de nature péricyclique et des cellules circumaxiales (*fig.* 12 à gauche et *fig.* 13); celles-ci prennent des cloisons transversales qui isolent une tétrade supérieure, origine du cylindre central de la tige, et une tétrade inférieure, origine du tissu vasculaire de ce même organe (*fig.* 15 à 17).

Dans l'étage correspondant à la cellule *m*, des cloisons périclines font apparaître le

dermatogène (*fig.* 2) et des cellules circumaxiales où des parois transversales (*fig.* 13) individualisent deux groupes de quatre éléments; la tétrade inférieure représente les initiales de l'écorce de la racine, *iec*, la tétrade supérieure donne naissance aux premiers éléments du périblème et du plérome. Fréquemment, avant l'individualisation du péricycle par cloisons tangentielles, les premiers éléments du plérome se segmentent transversalement, fournissant deux groupes superposés de quatre cellules (*fig.* 15). Il est possible que, dans 14, la cloison tangentielle ait précédé la cloison transversale.

La cellule *ci* produit une file d'abord de deux, *n* et *n'*, puis de quatre éléments, *h*, *k*, *o* et *p*. L'élément supérieur *h* donne la partie médiane de la coiffe (*fig.* 7 et suivantes); les cellules sous-jacentes contribuent à la formation d'un suspenseur filamenteux dans sa plus grande longueur (*fig.* 12 et 13).

Ainsi, l'embryon du *Stellaria uliginosa* se développe selon des lois identiques à celles qui président à l'édification des sporophytes du *Sagina procumbens*, du *Scleranthus perennis* et de l'*Arenaria serpyllifolia*. Par la différenciation très précoce des initales de l'écorce du cylindre central, il s'apparente étroitement à celui du *Sagina procumbens* mais il se rapproche également de celui des deux autres espèces par l'apparition tardive de la cellule génératrice du primordium de la coiffe. Enfin, la différenciation du péricycle aux dépens des tout premiers éléments du plérome peut être moins hâtive, chez le *Stellaria uliginosa*, que chez les Caryophyllacées qui ont été jusqu'ici l'objet d'études embryogéniques. Par ses caractères de transition, cette espèce pourrait présenter de l'intérêt en fournissant des éclaircissements sur la phylogénie des Caryophyllacées. Seule, cependant, l'étude d'un nombre relativement élevé d'autres représentants de la famille, appartenant à un même genre ou à des genres différents, permettra de déterminer, avec suffisamment de certitude, l'importance plus ou moins grande qu'il faut accorder, dans la classification des Caryophyllacées, à des caractères de l'ordre de ceux que je viens de décrire.

CYTOLOGIE. — *Structure microscopique et inframicroscopique de la membrane des cellules épithéliales pavimenteuses.* Note (¹) de M. **Charles-Albert Baud.**

Les cellules pavimenteuses superficielles de l'épithélium buccal humain ont une membrane d'aspect microscopique très particulier. Leur surface externe n'est pas lisse, mais striée par de fines lignes en relief séparées par d'étroites rainures. Ces lignes sont disposées parallèlement les unes aux autres, plus ou moins onduleuses et parfois bifurquées, formant autant de systèmes indépendants qu'il y a de faces à la cellule (*fig.* 1), ressemblant tout à fait aux lignes papillaires de la face palmaire des doigts, mais beaucoup plus petites puisque l'on en compte 10 à 20 sur une largeur de 10 microns. Sur le bord de la cellule, ces lignes apparaissent de profil comme de petites dents.

(¹) Séance du 22 septembre 1946.

Ces lignes de la membrane ont été observées pour la première fois par G. Bizzozero (2), qui les considéra comme une modification des ponts intercellulaires que présentent les couches profondes de l'épithélium; on trouve en effet tous les intermédiaires entre l'aspect de ponctuations séparées — qui sont

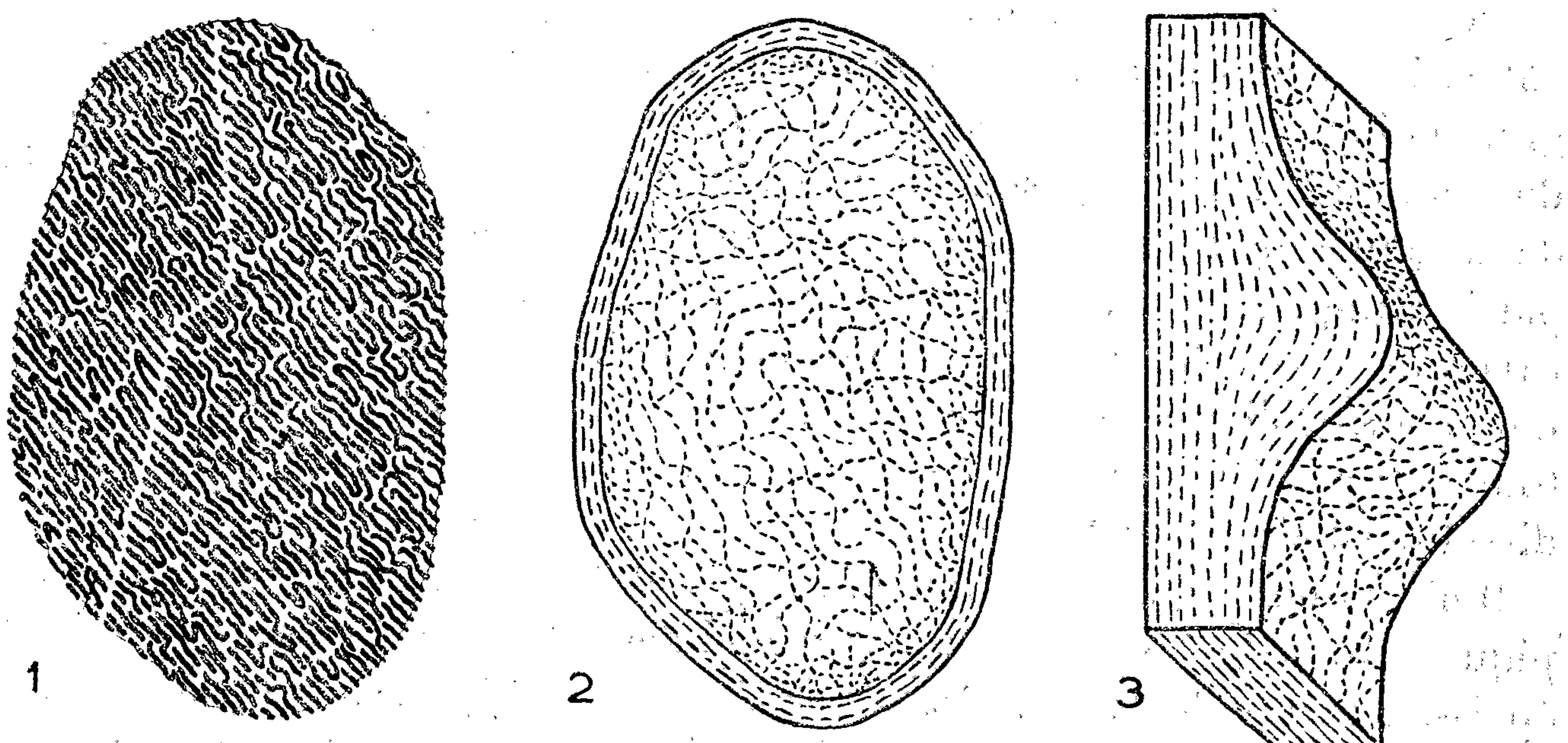


Fig. 1. — Schéma de la disposition des lignes en relief, à la surface d'une cellule pavimenteuse superficielle de l'épithélium buccal chez l'Homme; deux systèmes indépendants de lignes correspondant à deux faces.

Fig. 2. — Schéma de la disposition des micelles dans la membrane de la même cellule; texture foliaire.

Fig. 3. — Schéma de la texture micellaire de la membrane au niveau d'une ligne en relief (fortement grossi par rapport à la figure 2).

la coupe optique des ponts — et l'aspect de lignes continues, en passant par celui où les ponctuations sont disposées en séries linéaires. Beaucoup plus tard, C. Spierer (3), utilisant son objectif ultramicroscopique à réflecteur interne, mit en évidence une disposition identique, mais l'attribua à une structure filamenteuse dans le cytoplasma. Enfin A. v. Albertini (4), ne connaissant pas le travail de Bizzozero, découvrit une nouvelle fois les stries de la membrane, avec le microscope à dispositif compensateur de phase. Nous avons observé ces cellules épithéliales au microscope sous l'objectif à immersion, en fond clair avec le condenseur très diaphragmé, en fond noir avec le dispositif cardioïde de Zeiss ou l'objectif de Spierer, et enfin avec le système compensateur de phase de Zernike, et nous pouvons affirmer que les images obtenues par ces divers procédés mettent en évidence une seule et même formation, les lignes de la membrane.

Nous avons recherché aussi s'il existait un rapport entre cet aspect histologique et la structure inframicroscopique de la membrane. Pour étudier la structure inframicroscopique au microscope polarisant, il est nécessaire de

(2) *J. internat. mens. Anat. et Hist.*, 2, 1885, p. 278.

(3) *Arch. Sc. phys. et nat.* (Genève), 22, 1940, p. 5.

(4) *Acta anatomica*, 1, 1946, p. 463.

débarrasser la cellule de son contenu, dont la réfringence et la biréfringence gênent beaucoup les observations. On soumet pour cela les cellules à une digestion par une solution de pancréatine alcalinisée à la soude, entre lame et lamelle, pendant 24 heures à l'étuve à 37°. A l'examen, les cellules ont conservé leur forme et ne sont pas gonflées; le noyau et la membrane nucléaire ont entièrement disparu; le cytoplasme n'est plus représenté que par quelques granulations. Au microscope polarisant, on constate que toute biréfringence due aux tonofibrilles a disparu; la biréfringence n'est visible que sur le bord de la cellule, où l'on observe une croix de polarisation dont le signe, déterminé par le compensateur à mica tournant de Köhler, est négatif par rapport au rayon de la cellule. Nous en déduisons que la membrane cellulaire présente une texture foliaire (*fig.* 2), c'est-à-dire que les micelles qui la constituent sont toutes parallèles à la surface de la cellule, mais orientées dans toutes les directions de cette surface.

Il n'y a donc aucune relation de cause à effet entre la texture inframicroscopique et les stries. Nous pouvons donc admettre que les lignes sont de simples épaississements de la membrane cellulaire (*fig.* 3), dans lesquels la texture caractéristique des ponts d'union s'est réintégrée dans la texture générale de cette formation.

EMBRYOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *L'ablation précoce du pronéphros n'influence pas la morphogenèse du mésonéphros chez les larves d'Amphibiens anoures.* Note de M. **Roger Cambar**, présentée par M. Maurice Caullery.

Les modalités de succession des deux organes excréteurs (pro- et mésonéphros) chez les têtards d'Amphibiens suggèrent *a priori* l'hypothèse d'une influence du pronéphros sur la morphogenèse du mésonéphros. Ce sujet, abordé seulement par quelques auteurs, n'a pas fait l'objet de travaux systématiques. S'il paraît généralement admis aujourd'hui que la morphogenèse du mésonéphros est indépendante du pronéphros, il reste à baser cette opinion sur de larges résultats expérimentaux.

Howland (1926) assure que l'ablation d'un pronéphros accélère la croissance du mésonéphros situé du même côté. Dans ses conclusions, Shimasaki (1930) reste hésitant, plutôt dubitatif, alors que Miura (1930) s'élève contre cette affirmation, avec quelques auteurs plus récents. Ces conclusions contradictoires ont plusieurs causes : croissance normalement plus rapide du mésonéphros droit que du gauche dans les stades jeunes; plus tardivement, variations individuelles dans la taille respective des deux reins; nombre trop restreint de sujets étudiés, parfois imprécision des méthodes expérimentales utilisées.

Nous avons repris cette étude, en pratiquant plusieurs centaines d'ablations uni- ou bilatérales du pronéphros (plus de 1600 pour l'ensemble de nos

recherches), depuis le stade du bourgeon caudal jusqu'à un âge assez avancé (30 jours dans le cas présent).

Matériel et méthodes. — Nous utilisons principalement les embryons et larves de Grenouille agile (*Rana dalmatina* Bon.). La technique opératoire, variable suivant l'âge du sujet, est toujours soigneusement contrôlée et très peu traumatisante. Les têtards sont conservés un nombre de jours variable, certains jusqu'à la fin de la métamorphose. Plus de 400 d'entre eux ont été mesurés, disséqués et dessinés à la chambre claire.

Les résultats sont exprimés de la façon suivante : en premier lieu nous traçons, pour les témoins, la courbe de croissance relative du mésonéphros droit et gauche (coordonnées logarithmiques : log. de la longueur du rein × log. de la longueur nez-anus). On obtient ainsi, pour chaque côté, des portions de droites dont la pente varie, d'une part avec les phases successives de la croissance, d'autre part avec le côté considéré. Ensuite, sur chaque graphique (côté droit et gauche), on porte respectivement les points obtenus à l'aide de mensurations analogues, effectuées sur les têtards pronéphrectomisés unilatéralement du côté correspondant. La situation de la majorité de ces derniers points, par rapport aux portions de droites témoins, permet de déceler l'action éventuelle de la pronéphrectomie sur la croissance du mésonéphros. Ce mode d'expression des résultats rend possible l'étude simultanée d'un grand nombre de têtards et le rejet de certains résultats sans valeur, bien qu'apparemment démonstratifs, dus à d'importantes variations individuelles.

Pronéphrectomie unilatérale. — Précisons que le mésonéphros situé du côté opposé à l'ablation ne subit aucune modification. Sa croissance suit celle des témoins.

Que l'ablation ait été faite avant l'apparition des blastèmes mésonéphrétiques, soit très précocement (stade du bourgeon caudal), soit au moment de l'éclosion, ou encore pendant la formation des premières unités mésonéphrétiques, la croissance du mésonéphros situé du même côté suit les lois du développement normal. La date d'apparition, le nombre, la taille des blastèmes ou, ultérieurement, des unités du mésonéphros, la morphogenèse des unités ultérieures, restent dans tous les cas identiques à la normale. L'ablation pronéphrétique précoce, contrairement à toute prévision, n'a donc aucune action accélératrice sur la croissance du mésonéphros. Les diverses étapes de l'édification de ce dernier se déroulent indépendamment de l'absence ou de la présence du pronéphros (diverses expériences de transplantation de plusieurs pronéphros parfois sont restées sans effet).

Pronéphrectomie bilatérale. — La comparaison avec les témoins porte sur les deux mésonéphros. Nous avons complété et vérifié d'une façon absolue les conclusions de l'ablation unilatérale. L'analyse des résultats se révèle délicate, par suite des troubles généraux importants consécutifs à l'ablation (1) : courte survie, œdème de rétention. D'une façon générale, peu après l'ablation, l'organogenèse des larves est perturbée ou inhibée. La confrontation avec les témoins s'avère alors insuffisante. Il devient nécessaire de comparer, en outre,

(1) *C. R. Soc. biol.*, 138, 1944, pp. 579-581.

les mésonéphros avec d'autres organes ou appareils de la même larve opérée (œil, tube digestif, etc.) en ce qui concerne principalement la multiplication et la différenciation cellulaires. On peut ainsi juger de la différence éventuelle du degré d'inhibition de la croissance du mésonéphros par rapport aux organes de référence.

En aucun cas nous n'avons pu noter une accélération ou un ralentissement dans les processus morphogénétiques du mésonéphros.

En définitive, le pronéphros ne possède aucune influence sur la morphogenèse du mésonéphros des Amphibiens anoures.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Mécanisme des effets vitaminiques des ptérines chez les Homéothermes.* Note de MM. **Michel Polonovski** et **René-Guy Busnel**, présentée par M. Maurice Javillier.

Nous avons déjà indiqué [1] que l'explication de l'action vicariante de certaines ptérines vis-à-vis des effets vitaminiques de l'aneurine [2] et de la riboflavine [3] pouvait être recherchée dans leur utilisation par la flore intestinale des animaux (Pigeon ou Rat) [4].

Nos expériences sur des rats cœcumectomisés [1], qui révélaient une certaine diminution de croissance des animaux opérés par rapport aux animaux normaux soumis à un régime carencé en B 1 ou B 2 et additionné de certaines ptérines (acide folique, lumazine, xanthoptérine, acide isoxanthoptérine carboxylique), étaient en effet en faveur d'une telle hypothèse, par synthèse bactérienne aux dépens des noyaux ptéridiniques.

Mais l'interprétation de ces résultats restait encore équivoque, en raison de ce que, d'une part, la cœcumectomie ne suffisait pas à priver l'animal de la totalité de sa flore intestinale, et, d'autre part, l'opération mutilante pouvait masquer, par des troubles pathologiques, une partie de l'action spécifique favorable des ptérines ajoutées au régime. Aussi avons-nous poursuivi ces recherches en employant une technique non chirurgicale de stérilisation du tube digestif.

Dans une première série d'expériences, nous avons utilisé l'action bactériostatique des sulfamides (sulfaguanidine, sulfathiazole), dans une seconde, l'association sulfamides-streptomycine, et dans une dernière cet antibiotique seul pour éliminer les effets toxiques propres aux sulfamides.

---

(1) H. Besnard, R. G. Busnel, P. Chauchard, H. Mazoué et M. Polonovski. *Comptes rendus*, **223**, 1946, p. 826.

(2) R. G. Busnel, P. Chauchard, H. Mazoué et M. Polonovski. *Comptes rendus*, **218**, 1944, p. 609.

(3) R. G. Busnel, P. Chauchard, H. Mazoué, M. Pesson et M. Polonovski, *Comptes rendus*, **217**, 1943, p. 185.

(4) M. Polonovski, R. G. Busnel et M. Pesson, *Helvetica Chim. Acta.*, **39**, 1946, p. 5.

I. *Pigeons soumis au régime d'avitaminose* B_1 *de Randoin-Lecoq avec* 1 % *de sulfaguanidine* (5) (6).

La présence de cette sulfamide ne modifie pas la date d'apparition des crises polynévritiques qui se manifestent au bout de 16 à 20 jours.

Les pigeons reçoivent alors 100$^{\gamma}$ *pro die* de *xanthoptérine* ou d'*acide folique*, et les témoins positifs 20$^{\gamma}$ d'aneurine après 16 jours de ces apports, l'augmentation moyenne des poids fut d'environ de 35^{g} pour tous les lots (17 pigeons), augmentation du même ordre que celle qu'accusent les pigeons soumis au même régime sans sulfamides, et ne recevant que 50$^{\gamma}$ d'*acide folique* ou 30$^{\gamma}$ de *xanthoptérine*.

Donc, la sulfaguanidine ralentit l'action vitaminique de ces facteurs, si l'on tient compte du fait que la même croissance n'est obtenue qu'avec des quantités de ptérines deux et trois fois plus grandes.

Cependant, l'examen du tube digestif des pigeons sulfamidés ne révèle pas de stérilisation suffisamment accusée des flores bactériennes. Aussi était-il difficile de savoir si le restant d'action vicariante que l'on continue à observer était dû à une stérilisation incomplète ou bien à un effet propre des ptérines utilisées ou de leurs dérivés métaboliques. C'est ce qui nous a amenés à renforcer l'action des sulfamides par l'emploi d'une dose plus élevée et par l'association d'un antibiotique puissant.

II. *Rats soumis au régime d'avitaminose* B_2 *de Randoin-Raffy-Aguirezabella, avec* 5 % *de sulfaguanidine*, 5 % *de sulfathiazole et* 20^{mg} *pro die de streptomycine* (7). — Alors qu'ici les témoins négatifs, avec ou sans antibiotiques, déclinent et meurent en quatre semaines environ et que l'addition de 20$^{\gamma}$ *pro die* de vitamine B_2 les maintient en vie pendant deux mois, *l'acide isoxanthoptérinecarboxylique*, même à une dose cinq fois plus forte, ne peut remplacer la vitamine B_2, tandis que l'*acide folique* prolonge, à cette dose, la survie des animaux, comme le fait la riboflavine.

L'acide isoxanthoptérinecarboxylique ne semble donc pas, dans les conditions sévères de stérilisation de la flore intestinale ici utilisées, pouvoir pallier à l'insuffisance d'apport vitaminique réalisé, et son action physiologique est, dans une certaine mesure, chez le Pigeon, comme chez le Rat, en rapport avec le métabolisme propre de la flore intestinale. Cependant, l'action toxique des doses fortes de sulfamides laissait planer encore une incertitude sur la possibilité d'une utilisation vitaminique directe des ptérines par les Homéothermes, d'où notre troisième série expérimentale :

(5) R. G. Busnel, P. Chauchard, H. Mazoué et M. Polonovski, *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 237.

(6) M. Polonovski, R. G. Busnel et P. Chauchard, *Inter. Physiol. Congres*. Oxford, 1947, p 210.

(7) Mis à notre disposition par M. Vaille, Directeur du Service central de la Pharmacie du Ministère de la Santé Publique.

III. *Rats soumis à un régime d'hypovitaminose folique et biotinique et recevant* 20^{mg} *de streptomicyne durant* 36 *jours.* — L'action de la streptomycine arrête la croissance des rats dès la deuxième semaine chez les témoins négatifs, alors que l'addition de 100γ *d'acide folique* établit une croissance presque normale au départ, mais s'arrêtant après trois semaines, probablement par carence de biotine et de facteurs encore mal définis.

L'acide isoxanthoptérinecarboxylique, ajouté à la dose de 100γ au régime des rats streptomycinés, ne permet la croissance normale que durant les deux premières semaines, croissance bientôt suivie d'une perte de poids très rapide.

En conclusion, plus encore que dans nos expériences précédentes, ces résultats confirment la nécessité de l'intégrité de la flore bactérienne du tube digestif des Homéothermes pour que l'on puisse observer la vicariance de certaines vitamines du groupe B(B1-B2-acide folique) par des dérivés ptéridiniques.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Développement intra-utérin des embryons de Souris dont les ébauches de l'hypophyse ont été détruites, au moyen des rayons* X, *au* 13^{e} *jour de la gestation.* I. *Développement de l'appareil génital.* Note de MM. **Albert Raynaud** et **Marcel Frilley**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

Nous avons antérieurement [1] exposé la technique qui nous avait permis de détruire, au moyen des rayons X, les ébauches de l'hypophyse des embryons de Souris âgés de 12 à 13 jours; nous décrivons ici l'état de l'appareil génital de tels fœtus arrivés au terme de la vie intra-utérine.

Deux séries expérimentales ont été utilisées pour cette étude :

A. Embryons dont les ébauches hypophysaires ont été totalement détruites par deux irradiations de 100000 r chacune, à l'âge de 12 jours 6 h. et de 13 jours 6 h. — Deux fœtus [1 ♂ (n° **1432**) et 1 ♀ (n° **1452**)] ont été obtenus dans cette série (l'absence totale de résidu hypophysaire a été établie par l'étude microscopique des coupes en série totale de la tête) :

a. Fœtus n° **1432**. — Sacrifié à l'âge de 18 jours 10 h., vivant, d'aspect général normal, poids 672^{mg},5; distance ano-génitale 1^{mm},1 (elle mesurait 1^{mm},3 et 1^{mm},4 chez deux autres fœtus ♂, non irradiés, de la même portée). *Appareil génital : testicules :* ils étaient descendus mais un peu moins que chez les fœtus non irradiés et étaient un peu plus petits que ces derniers; les tubules testiculaires sont plus étroits que chez les témoins non irradiés (45$^{\mu}$ de diamètre moyen au lieu de 55$^{\mu}$); le long de leur paroi, les petites cellules à noyau très chromatique sont très serrées; par contre il existe moins de gros gonocytes que dans les tubules des témoins; entre les tubules il existe des amas importants de glande interstitielle : ses cellules sont bien développées et présentent dans le cytoplasme une

(1) *Comptes rendus*, **225**, 1947, p. 206.

large zone éosinophile identique à celle qui s'observe dans la cellule interstitielle des fœtus normaux. *Voies génitales :* les canaux de Müller ont regressé; les épididymes et les canaux de Wolff se sont développés. *Glandes annexes :* les vésicules séminales, les glandes coagulantes, les bourgeons prostatiques, les glandes de Cowper se sont développées et atteignent une longueur sensiblement normale; l'*urètre* et le *tubercule génital* ont pris le type mâle.

b. Fœtus n° 1452 : Sacrifié à l'âge de 18 jours 13 heures, vivant ; *Appareil génital* : ♀, d'aspect normal; distance ano-génitale 0^mm^,7 ; dans les ovaires, la zone corticale est mince, irrégulière, interrompue en plusieurs points. *Voies génitales* : les canaux de Wolff ont régressé, les canaux de Müller se sont différenciés en trompe, cornes utérines et corps de l'utérus, le sinus uro-génital est organisé en portion urétrale et cordon vaginal ; le tubercule génital et la glande mammaire sont normaux.

B. Embryons dont les ébauches hypophysaires ont été soumises à une seule irradiation (90000 *r* à 180000 *r*) à l'âge de 12 jours 6 heures. Par ce traitement, l'hypophyse est presque entièrement détruite ; il n'en persiste qu'une infime partie du lobe antérieur, représentée par quelques cellules plus ou moins altérées, isolées dans le mésenchyme ; 8 embryons de cette série (5 ♂ et 3 ♀) ont été étudiés à terme ; leur appareil génital s'est différencié sexuellement et développé d'une façon sensiblement normale, comme nous l'avions signalé en 1943 (²); quelques-uns d'entre eux possèdent cependant des gonades légèrement réduites, contenant un nombre de gonocytes plus faible que chez les fœtus non irradiés; ils présentent une légère réduction de la distance ano-génitale et une région scrotale non renflée. Chez un autre, les annexes sont de taille légèrement réduite ; chez tous les fœtus mâles de cette série, également, la glande interstitielle est bien développée dans les testicules.

Il résulte de ces deux séries d'expériences, qu'après destruction, par les rayons X, des ébauches de l'hypophyse de l'embryon de Souris au treizième jour de la vie intra-utérine :

a. Les glandes génitales se différencient sexuellement (leur différenciation n'était pas achevée au stade de l'intervention) et poursuivent leur développement; la glande interstitielle est bien développée dans les testicules. L'histogenèse de ces gonades présente cependant quelques déviations par rapport au type normal (taille légèrement réduite, gonocytes moins nombreux, tubules testiculaires plus étroits) ;

b. La différenciation sexuelle des gonoductes (canaux de Wolff et de Müller) s'effectue d'une manière normale.

c. Les différentes parties du tractus génital femelle subissent une histogenèse normale.

d. Chez les fœtus mâles, les différentes glandes annexes du tractus génital se développent, l'urètre et les organes génitaux externes prennent le type mâle. Chez quelques fœtus, cependant, certaines déficiences dans la masculinisation ont été observées (distance ano-génitale plus courte que chez les témoins, absence de gonflement de la région scrotale, variation dans le degré de déve-

(²) A. Raynaud, *Bull. Soc. Zool. France*, 68, 1943, p. 131.

loppement de certaines annexes); mais ces déficiences sont légères et l'on peut dire que, dans l'ensemble, la masculinisation du tractus génital s'est réalisée d'une façon sensiblement normale [3].

BIOLOGIE. — *Sur les interactions hormonales dans l'intersexualité expérimentale chez l'embryon de Poulet.* Note [1] de M. **Roland Stoll**, transmise par M. Robert Courrier.

Les travaux classiques de Wolff, de Willier et des auteurs à leur suite ont montré que l'androstérone, ses dérivés et certains esters de la testostérone ont une action masculinisante chez l'embryon femelle de Poulet. Par contre, ces hormones possèdent une action féminisante paradoxale chez l'embryon mâle : elles induisent une différenciation corticale de la gonade gauche et stabilisent les segments céphaliques des canaux de Müller qui disparaissent normalement.

Par ailleurs, les gynogènes (œstrone, œstriol, œstradiol) possèdent une action féminisante sur ce matériel (Wolff et Ginglinger; Dantchakoff; Willier; Gallagher et Koch).

Nous avons traité simultanément des embryons de Poulet par le propionate de testostérone et le benzoate d'œstradiol pour voir leurs interactions au niveau du tractus génital.

---

(3) Ces constatations expérimentales sont susceptibles de trois interprétations :

a. ou bien l'hypophyse de l'embryon exerce précocement une fonction gonadotrope, mais sa destruction au treizième jour est trop tardive pour retentir d'une façon nette sur le développement de l'appareil génital (en particulier pour pouvoir arrêter, chez les fœtus mâles, la masculinisation du tractus génital); seules, les quelques déficiences de l'histogénèse sexuelle qui ont été observées résulteraient de la destruction des ébauches hypophysaires effectuée à cette date; cette première interprétation paraît cependant peu probable, étant donné qu'au stade de l'intervention, la différenciation sexuelle de l'embryon est à peine ébauchée;

b. ou bien l'hypophyse embryonnaire n'exerce pas encore de fonction gonadotrope et le développement et le fonctionnement des glandes génitales de l'embryon (en particulier celui de l'interstitielle testiculaire) se font indépendamment de cette glande; dans ce cas, les quelques modifications que nous avons constatées dans le tractus génital relèveraient du traumatisme opératoire;

c. ou bien l'hypophyse embryonnaire dirige déjà, par ses sécrétions, le développement et le fonctionnement des glandes génitales de l'embryon; mais après la destruction de l'hypophyse, des sécrétions élaborées par le placenta (ou bien des hormones gonadotropes maternelles) pourraient pénétrer dans le fœtus et suppléer à la suppression de la sécrétion hypophysaire fœtale; des variations quantitatives dans cette suppléance (ou des insuffisances qualitatives) pourraient alors rendre compte des quelques modifications observées dans l'histogenèse du tractus génital des embryons sans hypophyse.

(1) Séance du 29 septembre 1947.

Nous avons opéré sur 220 embryons, soit de race Light-Sussex, soit provenant d'un croisement à coloration de plumage sex-linked Rhode-Island ♂ Light-Sussex ♀. Tous les embryons ont été traités au 3ᵉ jour de l'incubation par des doses sensiblement constantes ($1,50-1^{mg},80$) de propionate de testostérone (Stérandryl) dont l'action avait été préalablement déterminée sur ce matériel. Cette étude préalable nous a montré que, chez la femelle, ces doses entraînent peu de modifications des gonades. On observe au plus une densification de la région médulaire de l'ovaire. Par contre, les canaux de Müller disparaissent en partie; seuls persistent de petits segments céphaliques. Chez les mâles, ces doses entraînent dans 30 % des cas une féminisation, les autres embryons étant normaux. Par ailleurs, les canaux de Wolff des embryons mâles et femelles sont modérément dilatés par un produit de sécrétion.

Avec le propionate de testostérone, nous avons injecté des quantités variables de benzoate d'œstradiol ($0,4$ à $1^{mg},25$) en solution huileuse.

Ces quantités sont capables, à elles seules, d'entraîner une féminisation de l'embryon mâle allant de la différenciation d'un simple ovotestis à la différenciation d'un tractus génital de type femelle. Les doses plus élevées d'hormones sont mortelles à un stade trop précoce pour que l'embryon soit utilisable.

Pour nos observations, nous avons retenu 74 embryons ayant dépassé le 13ᵉ jour de l'incubation, âge à partir duquel les modifications sont nettement décelables.

Après traitement par les mélanges d'hormones, tous les embryons présentent de l'intersexualité reconnaissable, soit aux caractères des gonades, soit à l'aspect des canaux de Müller.

Chez le mâle, quelles que soient les proportions d'hormones, on observe un ovotestis gauche accompagné d'un testicule droit de taille réduite. Le cortex de l'ovotestis est mieux développé que le cortex induit par l'hormone mâle utilisée seule; il est toutefois moins développé que le cortex induit par le seul benzoate d'œstradiol. Chez la femelle, les gonades sont analogues aux gonades de femelles traitées exclusivement par le propionate de testostérone.

Les canaux de Müller des embryons de l'un et l'autre sexe, ou bien disparaissent (50 embryons), ou bien ne persistent que dans leur région céphalique (24 embryons). L'un et l'autre aspects s'observent quelles que soient les proportions d'hormones.

Le propionate de testostérone a donc annihilé l'action de doses hautement actives de benzoate d'œstradiol, résultat inattendu chez le mâle pour lequel le propionate de testostérone est féminisant.

Les canaux de Wolff des embryons des deux sexes présentent, dans 70 % des cas, une forte distension due à l'accumulation de sécrétions dont le rejet est bloqué par l'occlusion des canaux en des points variables. Cette anomalie s'observe à un degré moindre après action du seul propionate de testostérone et semble être à l'origine de la forte mortalité observée.

Il existe en outre un rapport entre cette distension et la disparition des canaux de Müller. Sur 50 embryons présentant cette disparition, 37 sujets, soit 74 %, sont porteurs de cette anomalie. Il nous paraît s'agir d'une action mécanique exercée sur le tractus mullerien.

Nos résultats suggéraient la possibilité d'une résorption élective de l'hormone mâle entrant dans les mélanges. Pour contrôler cette hypothèse, nous avons traité 50 embryons par les deux hormones instillées successivement à un jour d'intervalle, en commençant par le benzoate d'œstradiol. Nous avons obtenu les mêmes résultats qu'avec le traitement simultané : les phénoménes semblent donc dus à l'interaction des deux hormones.

En somme, chez l'embryon femelle, le propionate de testostérone a manifesté une forte action androgène en neutralisant, non seulement l'hormone embryonnaire, mais aussi des quantités élevées de benzoate d'œstradiol (0,5 et 1^{mg},25 soit 5000 et 12500 U. I.).

Par ailleurs, chez le mâle, l'action des mélanges comparée à l'action des hormones isolées montre que le propionate de testostérone possède, à côté de son influence féminisante connue, une forte action masculinisante. Il neutralise en effet des doses de benzoate d'œstradiol normalement très actives chez l'embryon mâle. L'une et l'autre actions s'observent sur les mêmes effecteurs : gonades et canaux de Müller. Le phénomène est particulièrement net au niveau du tractus mullérien.

Au niveau du tractus wolffien, les deux hormones paraissent agir en synergie et augmenter notablement l'élaboration des sécrétions.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Contribution à l'étude des systèmes enzymatiques de deux Bactéries ferrugineuses. Rôle du fer et du manganèse comme facteurs d'énergie et de synthèse pour le métabolisme de ces germes.* Note [1] de MM. **Auguste Sartory** et **Jacques Meyer**.

Lors de nos recherches antérieures [2] sur la présence de bactériophages dans une eau minérale de Meltingen (Suisse), fraîchement prélevée et contenant des bactéries ferrugineuses, nous avions constaté une action inhibitrice du filtrat de culture dépourvu d'hydrate de carbone sur le développement de staphylocoques et de colibacilles.

Nous avons repris ces expériences au moyen des deux bactéries isolées en culture pure, en employant notre milieu synthétique minéral additionné de carbonate manganeux. Ces cultures, âgées de 18 à 21 jours, ont été introduites à raison de 1,2 et 5 % dans des cultures de 24 à 48 heures de staphylocoques

(1) Séance du 29 septembre 1947.

(2) *Comptes rendus*, **225**, 1947, p. 541.

ou de colibacilles. La concentration de 1 % de liquide cultural manganeux suffit pour inhiber la croissance des germes éprouvés qui subissent une lyse rapide. Les ensemencements de cultures ayant été 2 heures en contact avec le liquide cultural manganeux restent définitivement stériles.

Ce liquide, centrifugé et ultrafiltré sur cuprophane, occasionne le même phénomène lytique.

En employant, par contre, le même milieu synthétique minéral additionné de limaille de fer pour remplacer le carbonate manganeux, le pouvoir bactéricide ne se manifeste plus. Le liquide cultural manganeux, additionné d'une solution de sulfate ferreux à 1/10000, n'exerce plus d'action antimicrobienne. Ce fait nous a fait penser qu'il ne s'agit pas d'un facteur antibiotique élaboré par nos bactéries ferrugineuses, mais plutôt d'un processus enzymatique mettant en liberté du peroxyde d'hydrogène. Celui-ci pouvait être décomposé par l'addition de traces de sulfate ferreux, accepteur d'oxygène, alors que le carbonate manganeux, se trouvant à faible dose dans nos milieux synthétiques, a été complètement oxydé au cours du développement des bactéries ferrugineuses, ou ne pouvait pas agir comme accepteur d'oxygène dans les substrats centrifugés et filtrés, vu sa très faible solubilité.

L'addition d'une trace de solution acide d'iodure de potassium amène également l'innocuité du liquide cultural manganique; par contre la catalase n'inhibe pas l'action antimicrobienne.

Nous croyons donc avoir affaire à un phénomène enzymatique d'oxydation comparable à celui que présente la notatine ([3]) ou la corylophiline ([4]), s'en différenciant cependant par la formation d'H_2O_2 en absence de glucose. Il ne peut donc pas s'agir ici de glucose-aéro-déshydrogénase. Ce fait semble confirmé aussi par l'inactivation de la catalase.

Nous avons essayé de vérifier cette supposition par le contrôle de l'action de notre liquide cultural manganique sur le métabolisme respiratoire des staphylocoques et des colibacilles. A cet effet, nous nous sommes servis d'un dispositif modifié d'après Thunberg ([5]), en employant la technique de Szent-Györgyi ([6]). Dans ce petit appareil nous avons procédé :

([3]) BIRKINSHAW and RAISTRICK, *La Notatine, une glucose-aérodéshydrogénase antibactérienne retirée du* Penicillium notatum We. (*J. Biol. Chemistry*, **148**, 1943, p. 459; D. MÜLLER, *Biochem. Zeitschrift*, **199**, 1928, pp. 136 et **205**, 1934, p. 111).

([4]) E. CHAIN, *British Medical Bul.*, 2, 1944, p. 4; LEVADITI, PENAU, PÉRAULT et NOURY-DEGOS, *Bull. Ac. Med.*, 1944 et *C. R. Soc. Biol.*, **137**, 1943, p. 359; PÉRAULT et GREIB, *Mode d'action de la corylophiline* (*C. R. Soc. Biol.*, **138**, 1944, p. 797); BONET-MAURY et PÉRAULT, *An. Inst. Past.*, **71**, 1945, p. 495.

([5]) AHLGREN, *Die Methodik der Dehydrogenasen* (*In Abderhalden, Handbuch der biolog. Arbeitsmeth.*, Abt. IV, Teil **2**, 1935, p. 2295 et Teil **1**, 1927, p. 671.

([6]) *Hoppe-Seylers Z.*, **236**, 1935, p. 1.

1° à la réduction du bleu de méthylène par le $Na_2S_2O_4$, et nous avons ensuite suivi l'oxydation du leucodérivé par la réapparition de la teinte bleue;

2° à la réaction de l'indophénol d'après Keilin [7].

L'appareil de Thunberg a été modifié par l'adaptation d'un second ballon de 50^{cm^3}, contenant la culture microbienne et le liquide enzymatique. La description détaillée sera donnée dans un prochain Mémoire [8].

Ces réactions ont démontré la formation d'oxygène naissant dans le substrat microbien. Il s'agit donc d'une modification du métabolisme des bactéries éprouvées, incapables de décomposer le peroxyde d'hydrogène formé.

Nous pouvons conclure que *Galionella ferruginea* et *Leptothrix ochracea* en culture âgée sur milieux ferreux ou manganeux, dépourvus de substances organiques et surtout d'hydrates de carbone, utilisent le fer ou le manganèse comme accepteur d'oxygène.

Les sels ferriques ou manganiques formés sont stables et n'interviennent plus dans ces conditions ni comme facteurs énergétiques, ni comme éléments de synthèse du métabolisme de ces germes.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur l'existence de cénapses glycogéno-protéiques dans un cestode* (Moniezia expansa). Note [1] de MM. **Naïm Kent** et **Michel Machebœuf**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

Nous avons déjà montré [2] l'existence dans un cestode (*Moniezia expansa*) de cénapses protéines-acides biliaires, parmi les protéines que l'on peut extraire par l'eau distillée à partir de vers délipidés (après congélation, par l'alcool et l'éther refroidis).

Ces cénapses précipitent pendant la dialyse et il est donc facile de les éliminer. La solution après dialyse est encore riche en protéines (le précipité ne contient guère que le septième de l'ensemble des protéines). Elle est en outre très riche en glycogène. En cherchant à isoler les protéines nous avons constaté que les divers précipités que l'on pouvait faire naître par le sulfate d'ammonium (ou même par l'acide trichloracétique à 4 %) contenaient beaucoup de glycogène. Nous nous sommes demandé si cet entraînement du glycogène n'était pas le fait d'une association entre protéines et glycogène. Nous avons donc recueilli le précipité formé lorsque la concentration en sulfate d'amonium est 44,6 % (ce précipité correspond à 99 % de l'ensemble

---

(7) *Cytochrome and respiratory enzymes* (*Proc. roy. Soc. Londres*, Sér. B; *Biol. Sc.*, 104, 1929, p. 206.

(8) Nous n'avons pas pu contrôler le métabolisme respiratoire à l'aide du respiromètre de Warburg, qui nous fait défaut depuis l'évacuation de Strasbourg.

(1) Séance du 29 septembre 1947.

(2) *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 539.

des protéines). Dans ces conditions le glycogène, s'il était libre, devrait rester en solution. Le cinquième environ du glycogène précipite avec les protéines. Le précipité fut remis en solution dans l'eau et soumis à l'électrophorèse à pH 7,15 (tampon phosphaté M/30) dans un appareil de Machebœuf et Monnier [3].

Le gradient de potentiel était 2,5 volt/cm. Nous avons observé l'apparition de deux frontières qui l'une et l'autre restèrent rigoureusement nettes et se déplacèrent très régulièrement avec des mobilités respectives de $3{,}3.10^{-4}$ et $1{,}0.10^{-4}$ cm$^2 \times$ volt$^{-1} \times$ sec^{-1} à la température de 20° C.

Nous étions en présence de deux fractions très distinctes qui l'une et l'autre se comportaient comme homogènes à l'électrophorèse.

L'examen optique par la technique Philpott Svensson [4] (montage type Swyngedauw) ne révéla aucune substance se déplaçant plus vite que la frontière de tête. L'examen optique en arrière des frontières anodiques fut gêné par l'opalescence de la solution, mais cette opalescence servit de guide car elle était beaucoup plus considérable en arrière de la frontière la plus lente et nous pûme suivre les frontières à l'œil nu. Après 3 heures 30 minutes d'électrophorèse, nous avons pu prélever des volumes assez considérables de chacune des deux fractions isolées, l'une dans la branche anodique, l'autre dans la branche cathodique, et pratiquer des analyses.

La fraction la plus lente est extrêmement riche en glycogène : 60 % environ. La fraction rapide est moins riche : 11 % environ. L'analyse d'échantillons prélevés en divers points dans le tube en U confirma que nous étions en présence seulement de deux fractions homogènes. Les protéines dans les deux fractions sont bien des protéines typiques, car l'étude microchromatographique des produits d'hydrolyse nous révéla dans les deux cas un mélange d'amino-acides, sans montrer de différence nette entre les chromatogrammes.

En somme, non seulement le glycogène accompagne les protéines dans leur précipitation, mais il les suit indissolublement dans leurs déplacements électrophorétiques. Nous avons donc affaire à des cénapses glycogénoprotéiques de deux types différents, mais qui sont bien définis par leurs caractères électrophorétiques et qui se comportent l'un et l'autre comme homogènes à l'électrophorèse.

Nous désignerons le type le plus riche en glycogène par le terme *Baérine* en hommage au professeur J. G. Baer de Neuchâtel (Suisse), spécialiste des cestodes. L'autre type sera nommé *Moniezine*.

Dans l'extrait aqueux des vers il n'existe que des quantités infimes de protéines libres d'attache avec le glycogène. Nous n'en avons trouvé un peu que dans les eaux-mères de la précipitation par le sulfate d'ammonium à 44,6 %, d'où, malgré

---

(3) *Comptes rendus*, **214**, 1942, p. 1002.
(4) *Arkiv. Kemi. Mineral. Geol.*, B. 15, 1942, p. 19.

la présence d'abondantes quantités de glycogène, elles précipitent sans entraîner de glucide lorsqu'on élève la concentration en sulfate jusqu'à 57 %.

L'épuisement des vers par l'eau distillée ne dissout pas toutes les protéines, et si l'on traite le résidu par de l'eau salée (à 9 ‰, puis à 10 %), on extrait encore des fractions protéiques assez abondantes, mais il s'agit surtout de nucléoprotéines qui sont d'ailleurs, elles aussi, toutes agrégées avec des acides biliaires ou avec du glycogène.

Le fait est donc très général : presque toutes les protéines extractibles du Moniezia sont cénapsées et non libres.

A 16h l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16h30m.

A. Lx.

ERRATA.

(Séance du 19 mai 1947.)

Note de M. *Robert Esnault-Pelterie*, Remarques sur une formule nouvelle :

Page 1404, 11e ligne, *au lieu de* donnée, *lire* donné et *reporter* la figure à la page 1407.

(Séance du 28 mai 1947.)

Note de M. *Robert Esnault-Pelterie*, Remarques sur une formule nouvelle :

Page 1462, 4e ligne du bas, *au lieu de* doivent, *lire* doive.

(Séance du 7 juillet 1947.)

Note de M. *Robert Esnault-Pelterie*, Sur la répartition des produits d'un ensemble de fécondations avec croisements libres :

Page 15, 15e ligne, *au lieu de* défavorisé, *lire* numériquement défavorisé au début.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 13 OCTOBRE 1947.

PRÉSIDENCE DE M. HENRI VILLAT.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

Au nom de la Commission des recherches agronomiques, M. le **Président** donne lecture du vœu suivant qui, adopté par l'Académie en Comité secret le 6 octobre, a été transmis aux pouvoirs publics :

« En présence des problèmes posés actuellement par notre ravitaillement, l'Académie des Sciences tient à rappeler qu'au cours de la Révolution, dans des circonstances analogues, un certain nombre de ses membres, Rougier-Labergerie, Chabert, Huzard, Creuzé-Latouche, Parmentier, adeptes de ce qu'on appelait alors l'*Agriculture nouvelle*, ont indiqué la voie à suivre avec une parfaite clairvoyance. Depuis cette époque, elle a toujours compté dans son sein, des savants dont les travaux ont grandement servi l'Agriculture.

« La destruction de nos blés d'hiver par la gelée n'étant pas exceptionnelle, elle estime, qu'entre autres mesures propres à y remédier, l'administration de l'Agriculture eût dû mettre à profit notre outillage frigorifique pour appliquer la méthode de printanisation et suppléer ainsi à l'insuffisance des variétés de printemps disponibles.

« Elle juge nécessaire de relever la production, non seulement du blé, mais des céréales secondaires et d'intensifier cette année la culture après pomme de terre, des seigles précoces dans les sols pauvres ne convenant pas au blé.

« Elle croit utile d'encourager la culture dans la métropole même, des plantes oléifères (colza-œillette).

« Elle considère qu'un meilleur équilibre de nos productions et l'amélioration de nos prairies viendraient mettre fin à une fâcheuse concurrence alimentaire entre l'homme et le cheptel.

« Elle estime nécessaire de reviser notre législation sur les engrais et les amendements.

« En ce qui concerne nos sols, elle souhaite que ne soit expropriée aucune parcelle portée à un haut potentiel de productivité par une culture soignée; d'autre part, elle suggère que soient prochainement récupérés certains sols

côtiers de haute valeur et que l'irrigation dans la vallée de la Garonne soit étudiée.

« Pour l'avenir, elle réaffirme qu'une conception trop strictement utilitaire de la science tend à tarir les sources du progrès. Des découvertes comme celles du rôle des oligoéléments, des hormones ou des antibiotiques en ont fourni récemment une éclatante démonstration. Constatant l'insuffisance de la Recherche agronomique en France, particulièrement dans certains domaines comme la phytogénétique, l'écologie, la phytopathologie la microbiologie du sol, la zootechnie, elle souhaite que l'Institut de la Recherche agronomique soit véritablement consacré à cette recherche et non étouffé par des occupations, utiles certes, mais parasites comme les analyses commerciales et les contrôles imposés par les lois en vigueur. Il faudrait à tout le moins que l'Institut des Recherches actuel, subdivisât clairement ses fonctions en séparant nettement celles qu'il importe de ne pas confondre avec la recherche.

« Enfin le moment paraît venu d'élargir l'enseignement des sciences expérimentales trouvant leurs applications en agriculture, par la création d'au moins une Faculté d'agronomie, dispensant largement les connaissances générales utiles à toutes les activités intéressant directement ou indirectement l'Agriculture. Cet enseignement de base pourrait ensuite être complété dans les diverses écoles techniques relevant du Ministère de l'Agriculture. »

ANALYSE DIMENSIONNELLE. — *Sur une confusion d'idées.* Note (¹) de M. Robert Esnault-Pelterie.

Pour faciliter mon exposé, j'userai de trois néologismes (²) et m'excuse de devoir remonter à des notions si connues qu'elles semblent de lieu commun; ce qui n'empêche qu'elles soient constamment perdues de vue.

Le Physicien (³) admet depuis longtemps que ses impressions ont leur cause en un monde extérieur indépendant de l'observateur. Je nomme ce monde *Exocosme* et y adjoint les notions suivantes :

Les excitations provenant de cet Exocosme atteignent notre conscience par l'intermédiaire de nos sens et y provoquent la formation d'images dont l'ensemble sera dénommé *Phantocosme* (⁴).

Par exemple : nous recevons de l'Exocosme des ondes électromagnétiques; notre conscience perçoit des impressions lumineuses colorées. La lumière, la couleur, ne sont que des *sensations* dans cette *conscience* (que nous ne saurions localiser); elles n'existent pas dans l'Exocosme ni dans nos organes sensoriels,

(¹) Séance du 8 octobre 1947.

(²) *L'Analyse dimensionnelle*, p. 8, sous presse, éditions Rouge, Lausanne.

(³) Au sens large comprenant le Mécanicien.

(⁴) φαντάζω faire voir en apparence, donner l'illusion de; φαντασία apparition de choses qui font illusion, vision.

pas même dans l'écorce de nos lobes optiques. Il en va de même des formes, des perceptions auditives et tactiles, etc., comme le prouvent les dernières acquisitions de la psycho-physiologie cérébrale.

Pour pouvoir tirer parti de ces perceptions, nous devons passer par l'intermédiaire d'autres mondes abstraits *créés en nous-mêmes* et que je qualifie de *Noocosmes* ([5]) comme le monde réticulé de Descartes, généralisé par Gauss, pour aboutir au *mollusque* d'Einstein; et il y en a bien d'autres.

L'erreur habituelle consiste à traiter les questions d'Analyse dimensionnelle dans une totale abstraction noocosmique, ce qui les rend inintelligibles, et certaines prétendues démonstrations illusoires, comme je le montrerai dans une Note ultérieure.

Sur les grandeurs fondamentales et les grandeurs secondaires. — Tous les Auteurs sans exception nous disent qu'on peut *choisir* les unités fondamentales d'une manière absolument quelconque quant à leur nombre et à leur espèce.

Noocosmiquement, c'est exact; exo-phantocosmiquement (j'abrégerai en *e-p-cosmiquement*) non. Nous allons détailler cette erreur de jugement :

Grandeurs directement mesurables. — On dit habituellement que les grandeurs directement mesurables sont celles dont nous pouvons établir et manipuler des étalons. C'est insuffisant, il faut dire:

Les grandeurs directement mesurables sont celles pour lesquelles nous pouvons effectuer l'opération e-p-cosmique *de division* ([6]) *que comporte une mesure, et cela sans qu'aucune autre grandeur de nature différente participe à la mesure.*

Quand nous mesurons des longueurs, nous les comparons *directement* entre elles, et le maintien d'une température définie et constante n'a pour but que d'obvier au phénomène de dilatation *sans que la loi de cette dilatation intervienne en rien dans la mesure*.

Il en va de même pour le temps, où des étalons soigneusement établis effectuent automatiquement pour nous, toutes les secondes, la division d'une révolution sidérale terrestre par 86 164,100, à 0,002 près.

Pour les masses, la méthode de double-pesée nous dispense même de toute équation de la balance; sa sensibilité seule est en jeu.

Inversement, la résistance, la capacité et l'induction électriques, par exemple, ne sont pas des grandeurs directement mesurables, bien que nous sachions en établir et puissions en manipuler des étalons matérialisés. En effet, la mesure d'une de ces quantités, *de grandeur non connue à l'avance*, est impossible sans le concours d'un courant électrique, entité physique de nature différente de celle qu'on mesure (même avec un pont de Wheatstone pour la première).

Il est remarquable que, si les trois cas particuliers de la longueur, de la masse et du temps n'existaient pas, nous serions enfermés en un cercle vicieux et ne pourrions rien mesurer du tout.

([5]) De νόος (intelligence, esprit, pensée).

([6]) Par la matérialisation d'étalons et leur manipulation.

Il semble non moins remarquable que cette réflexion ne soit jamais présentée.

Propriété caractéristique des grandeurs directement mesurables. — Considérant deux de ces grandeurs, A et B, *e-p-cosmiquement* définies sous la forme de deux étalons, le *nombre de fois* que l'une contient l'autre est, lui-même, *e-p-cosmiquement défini*. Si nous prenons l'une pour unité, A par exemple, le nombre de fois que B la contient *e-p-cosmiquement* sera, pour nous, la mesure de B.

Si nous comptons, *par des opérations e-p-cosmiques*, le nombre de fois qu'une troisième grandeur C contient B, ce nombre est lui-même bien défini et ne dépend que de B et de C; *non de l'unité* A *que nous avions choisie*. Les nombres qui, pour nous, représentent ces mesures dans nos formules, jouissent de la propriété correspondante et sont donc, *sous ce rapport*, des images noocosmiques adéquates ([7]) (j'abrège, car tout ceci est, connu).

Voici où je veux en venir : lorsque nous eûmes acquis la notion de grandeurs non directement mesurables, *nous fûmes naturellement induits à les* définir *par la propriété fondamentale dont les grandeurs directement mesurables nous avaient fourni le modèle :* à savoir que le quotient de deux mesures déterminées de telles grandeurs doit être indépendant de l'unité que nous aurons *choisie* pour elles. Cette unité est ainsi arbitraire comme pour les grandeurs directement mesurables.

Comme, dans nos Noocosmes, nous avons ainsi créé ces grandeurs non directement mesurables à l'image des grandeurs directement mesurables, ces deux catégories ne sont pas noocosmiquement discernables.

C'est naturel; mais nous n'avons pas le droit d'oublier que, *e-p-cosmiquement*, elles diffèrent sous certains rapports que notre énoncé a définis.

Nombre minimum des grandeurs fondamentales. — Si nous laissons subsister, dans nos formules, des constantes dimensionnées, le nombre des grandeurs fondamentales peut être quelconque, jusqu'à égaler celui des paramètres physiques participant au phénomène, sans pouvoir toutefois dépasser ce nombre.

Chaque fois que nous éliminerons de nos formules une de ces constantes, nous transformerons du même coup une unité fondamentale en unité dérivée, réduisant ainsi d'une unité le nombre des grandeurs fondamentales. Si, de proche en proche, nous éliminons toutes les constantes dimensionnées, quel nombre minimum de grandeurs fondamentales peut-il finalement rester?

Habituellement, on conclut à trois. Si l'on introduit la loi de gravitation, il semblerait qu'on puisse descendre à deux ([8]).

([7]) Ils ne le sont pas sous *tous* les rapports (cf. *l'Analyse dimensionnelle*, Introduction, n° 3-1).

([8]) *L'Analyse dimensionnelle*, Chap. I, n° 14 et, comme je ne l'ai vu qu'ultérieurement, Buckingham (*Physical Review*, Series II, 4, 1914, 2, p. 373). Mais cet auteur ne s'est pas aperçu qu'on aboutit alors à de simples identités (cf. *l'Analyse dimensionnelle, ibid.*) qui, si elles satisfont bien au principe de non-contradiction du Mathématicien, ne laissent plus rien entre les mains du Physicien).

Le nombre minimum possible des grandeurs fondamentales est de trois. — Supposons qu'il n'y ait que deux grandeurs fondamentales, par exemple la longueur et le temps. Cela voudrait dire que la masse étant liée aux précédentes par une loi, nous ne pourrions en effectuer des mesures que par le moyen des deux grandeurs fondamentales et l'intermédiaire de cette loi.

Or, l'observation prouve que c'est le contraire qui est *e-p-cosmiquement vrai* : le nombre minimum possible des grandeurs fondamentales est donc fixé à trois *par l'Exocosme lui-même* (9).

Si l'on cherche la raison d'un tel état de choses dans nos Mondes noocosmiques, on ne l'y trouvera pas plus qu'on n'y put trouver la justification du Postulatum d'Euclide. La réponse à de telles questions ne peut nous venir que du dehors par l'observation, pas de nous-mêmes.

Le but de cette Note est d'attirer l'attention sur le nombre excessif d'erreurs de ce genre, que chacun perpétue en suivant aveuglément ses prédécesseurs, sans voir que ce qu'il fait perd tout sens physique (10). De tels errements peuvent à l'occasion emporter des conséquences graves, comme la désorganisation des Fabrications aéronautiques françaises avant 1940 au nom d'une pure billevesée théorique qui, si elle satisfaisait bien notre esthétique mathématique, n'avait rien à voir avec des conditions de fabrication industrielle (11).

ÉLECTROCHIMIE. — *Sur les variations de concentration des acides et des bases au cours de l'électrolyse aqueuse.* Note (1) de M. **Pierre Jolibois**.

Dans une série de travaux antérieurs (2) j'ai préconisé une méthode nouvelle pour résoudre les problèmes d'électrolyse.

Grâce aux travaux de J. Clerin (3) qui dans sa thèse l'a utilisée pour mesurer directement la vitesse absolue U des ions, on peut préciser certains points qui permettent de se rendre compte à chaque instant d'une électrolyse, de la concentration des substances en un point quelconque du récipient, s'il est de forme géométrique simple.

---

(9) Le cas de la constante de gravitation vaudrait un long commentaire; l'une des solutions serait que les corpuscules électriques possèdent un très faible coefficient d'attraction indépendant de leur signe (*l'Analyse Dimensionnelle* loc. cit.).

(10) G. N. Lewis et Adams, *A Theory of Ultimate Rational Units* (*Physical Review*, 3, 1914, p. 92); G. N. Lewis, *Some new Consequences of the Theory of U-R-U* (*Physical Review*, 18, 1921, p. 121); G. N. Lewis, *Physical Constants and Ultimate Rational Units* (*Philosophical Magazine*, (6), 45, 1923, p. 266); Norman Campbell, *Ultimate Rational Units* (*Philosophical Magazine*, (6), 47, 1924, p. 159); G. N. Lewis, *Ultimate Rational Units and Dimensional Theory* (*Philosophical Magazine*, (6), 49, 1925, p. 739).

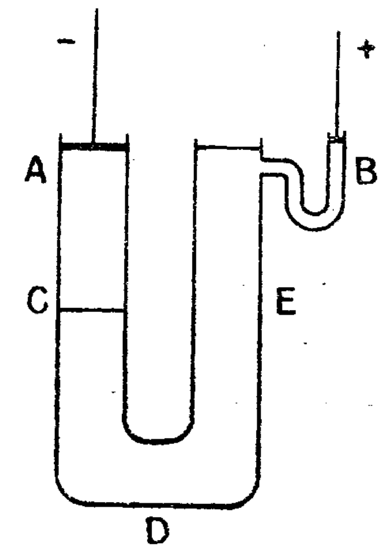
(11) Rapport technique de l'auteur et 100 documents justificatifs.

(1) Séance du 29 septembre 1947.

(2) *Société philomatique de Paris*, 1942.

(3) *Ann. Chim.*, (11), 20, 1945, p. 244.

Considérons un tube en U (figure ci-dessous) de section S. Nous lui adjoignons au sommet anodique, un tout petit tube B latéral, de volume négligeable, destiné à contenir l'anode et où doivent s'accumuler les produits entraînés sans qu'ils



puissent ultérieurement se mélanger à l'électrolyte contenu dans le tube principal.

Plaçons dans cet appareil un acide étendu RH, de concentration a (en molg/l); nous choisirons d'abord un acide comme l'acide nitrique ou l'acide picrique qui, par oxydation anodique, ne subit aucun changement.

Au bout d'un temps t d'électrolyse, il se forme en C à une distance l de la cathode une surface de séparation entre, 1° de l'eau pure AC et 2° de la solution acide CE dont la concentration est restée égale à a.

Comme je l'ai montré autrefois, la surface C se déplace avec une vitesse propre à celle de l'ion R dans le liquide CE où règne un champ $\mathcal{H}$; ce dernier est obtenu en faisant passer dans l'appareil un courant i maintenu constant pendant la durée de l'expérience.

La vitesse de la surface C est donc $V = U\mathcal{H}$. La loi d'ohm appliquée à la couche CE de conductibilité λ donne $i = \mathcal{H} S \lambda$ donc en coulombs $q = \mathcal{H} S \lambda t$.

Au bout de ce temps, la couche AC a pris une longueur $l = U\mathcal{H}t$. En même temps il a disparu de cette couche lSa ions grammes R (ou ce qui revient au même, molécules grammes d'acide RH monovalent). En effectuant les calculs, cette quantité est Uqa/λ c'est-à-dire en appelant Λ la conductibilité moléculaire Uq/Λ.

Dans le même temps le nombre d'atomes grammes dégagé sous forme d'hydrogène à la cathode est $q/\mathcal{F}$ ($\mathcal{F} = 96500$ coulombs). On déduit de ceci que si le dégagement d'un atome gramme à la cathode exige une quantité d'électricité $\mathcal{F}$ il faut pour le déplacer d'une branche à l'autre du tube la quantité d'électricité Λ/U.

L'expérience montre que $\mathcal{F}$ est toujours plus petit que Λ/U et que le déplacement en nombre de molécules d'acides est toujours inférieur au nombre de valences grammes mis en liberté par le courant (de l'ordre de 4 à 5 fois moins). Si Λ/U était égal à $\mathcal{F}$ cela signifierait que les ions R seuls ont participé au transport du courant.

Ces considérations permettent de comprendre le rôle des ions H qui au premier abord apparaît comme paradoxal; en effet, ils sont chargés positivement et pourtant vont en s'éloignant du pôle négatif, accompagnent étroitement les ions R et se concentrent finalement dans le tube B.

1° S'il n'y a pas d'ions H dans la zone AC, c'est que tous ceux qui ont tendance à sortir de la surface C en allant vers A sont immédiatement neutralisés par les ions OH qui en nombre égal se dirigent vers la surface C et sont empruntés à la couche d'eau pure qui, elle aussi est électrolysée.

2° Considérons la zone acide CEB; il y entre en B les ions formés par la décomposition de l'eau (OH se dégage et libère $\overset{+}{H}$). Mais il s'échappe de la surface C un nombre égal d'ions H dont nous venons de voir le sort au 1°. L'acidité totale de la couche reste donc constante. La concentration reste égale à a dans la partie CE, sauf dans le tube auxiliaire B, où s'accumule une quantité d'acide égale à celle qui a disparu dans la zone AC par déplacement. La zone BEC est donc bien traversée à chaque instant par les ions H en quantité telle que leur somme est la même que celle des ions R; et comme le veut leur charge ils sont bien dirigés vers A.

On peut étendre les mêmes considérations à des acides qui, comme l'acide iodhydrique, sont facilement oxydés à l'anode. Tout se passe exactement de la même façon que précédemment, sauf au voisinage immédiat de l'anode. J. Clerin [4] a montré que l'acide chlorhydrique va se concentrer dans la région anodique et que sa disparition n'a lieu qu'au contact intime de l'anode; cette disparition s'effectue par une réaction chimique d'oxydation faradique, que dans le cas de l'acide iodhydrique on peut exprimer par l'équation

$$OH + HI = I + H_2O.$$

La quantité d'iode qui se dépose ainsi est $q/\mathcal{F}$ en atomes-grammes. Pendant le même temps il a disparu dans la branche cathodique $(U/\Lambda)q$ molécules de HI (et $q/\mathcal{F}$ dans la branche anodique).

Ce qu'il convient de remarquer, c'est que les causes de ces disparitions sont essentiellement différentes. Dans le tube cathodique on a une perte par déplacement (cataphorèse); dans le tube anodique on a une perte par oxydation faradique quantitative.

Cette dernière perte ne peut être aperçue intégralement qu'en solution assez concentrée, car la perte $q/\mathcal{F}$ est trop grande pour permettre une alimentation suffisante de la région anodique où ne parvient par cataphorèse que la quantité beaucoup plus petite U_q/Λ.

La manière de voir que nous venons de développer s'étend évidemment aux bases par une simple inversion des termes.

---

(4) *Ann. Chim.*, (11), 20, 1945, p. 263.

Elle permet, mieux que celle de Hittorf d'analyser le détail du phénomène; elle évite un raisonnement erroné dû à ce que la cathode ne plonge pas dans une solution acide mais dans l'eau pure. Elle rend inutile la notion de nombre de transport et fait appel uniquement à celle de vitesse absolue de l'ion.

Cette dernière est mesurable par des expériences directes et rapides, en utilisant un procédé que j'ai décrit antérieurement (5) et qui a fait l'objet de la thèse de J. Clerin.

BIOLOGIE. — *Sur la distinction de deux sortes de temps en biologie évolutive et sur l'attribution d'une phylogenèse particulière à chaque état statique de l'ontogenèse.* Note (1) de M. **François Grandjean**.

Qu'il soit nécessaire en biologie évolutive, si l'on parle du temps et que l'on tienne à se faire toujours bien comprendre, d'employer des mots différents selon qu'il s'agit de phylo- ou d'ontogenèse, est incontestable. Ainsi nous disons en phylogenèse qu'un changement est ancien ou nouveau et en ontogenèse, pour exprimer le même rapport, qu'il est précoce ou tardif. Évolution s'applique à la phylogenèse, développement à l'ontogenèse.

Allons plus loin et distinguons deux sortes de temps. Celui qui s'écoule dans une phylogenèse quelconque sera le temps phylogénétique T et celui qui s'écoule en ontogenèse sera le temps ontogénétique t. Je crois qu'il est vain d'objecter qu'il s'agit du même temps. La seule question est de savoir si cette manière de penser est avantageuse.

Elle revient à supposer qu'un comportement biologique s'écrirait par une fonction de T et de t, et à traiter ces variables comme si elles étaient indépendantes,

Cette fonction représente une ontogenèse quand on donne à T une valeur fixe, t variant seul. La valeur fixe est presque toujours imposée; c'est celle du temps présent. Pour une autre valeur de T, l'ontogenèse ne serait pas la même. Cela va de soi et ne change rien à nos habitudes.

On obtient une phylogenèse en donnant à t une valeur fixe, T variant seul. Quelle est cette valeur fixe? N'importe laquelle *a priori*. Il y a donc une phylogenèse pour chaque âge de l'ontogenèse. Ici nos habitudes sont changées, car la phylogenèse est définie comme une succession unique, celle des ancêtres *adultes*. Si des nouveautés juvéniles ont apparu autrefois dans l'évolution d'un animal et sont restées juvéniles (c'est-à-dire particulières à de petites valeurs de t) on dit qu'elles n'affectent pas *la* phylogenèse de cet animal.

Élargir cette définition est certainement désirable, nécessaire même à mon point de vue, mais on rencontre une grave difficulté. Il faut pouvoir comparer

(5) *Comptes rendus*, **212**, 1941, p. 858; **213**, 1941, p. 993.

(1) Séance du 6 octobre 1947.

un animal à un autre. L'âge n'est donc pas mesuré par la valeur absolue du temps *t*. Il ne peut signifier qu'un état-repère du développement, présenté dans les mêmes conditions par tous les animaux du même phylum.

Parmi les repères, sans doute variés et de natures très diverses, distinguons les états statiques de l'ontogenèse. L'animal est statique dans le temps *t* après la fin de son développement. A cet état correspond la phylogenèse adulte. Il peut en outre être statique au cours de son développement lorsque celui-ci se fait par des mues séparant des stases ([2]). Chez les Arthropodes, qui réalisent à cet égard le cas le plus simple, les caractères extérieurs de la morphologie ne subissent aucun changement pendant la durée d'une stase. Ce qui suit se rapporte à de tels caractères (supposés visibles, phénotypiques), pour des animaux à stases.

Alors il est naturel de dire qu'il y a une phylogenèse déterminée pour chaque stase et il faut mettre au même rang toutes ces phylogenèses. Un animal évolue parce qu'il est vivant, qu'il soit adulte ou immature. S'il est immature son évolution ne se fait certainement pas en vue de l'adulte. Elle correspond à son âge et elle se fait en vue de l'animal à cet âge, sous des influences internes (qui dépendent toujours de l'âge), et externes (qui en dépendent souvent).

Dans les cas extrêmes, cela est évident et personne ne le conteste. Un asticot n'évolue pas en vue de la mouche qui en sortira, mais dans le sens asticot le plus exclusif. De même une deutonymphe d'Acaridié évolue dans le sens de la phorésie. Sa phylogenèse est complètement différente de celles des autres stases, et cela est d'autant plus net que la phylogenèse tritonymphale n'est affectée en rien par les singularités deutonymphales, qui précèdent pourtant les caractères tritonymphaux dans le temps *t*, et qu'elle reproduit presque exactement la phylogenèse protonymphale. Il est clair qu'un même animal peut subir simultanément (dans le temps *T*) plusieurs évolutions opposées et que celles-ci ne se gênent point pourvu qu'elles ne concernent pas le même âge. C'est l'évolution *dysharmonique*, ou *divergente*, des stases. La plupart des dysharmonies, lorsqu'elles sont fortes, ont un caractère adaptatif. Un changement de milieu, ou des habitudes très différentes d'une stase à l'autre, leur correspondent, et les ont probablement accentuées.

Dans d'autres cas plusieurs phylogenèses du même animal ont des marches parallèles. On peut les dire *harmoniques* bien qu'elles montrent souvent de petites dysharmonies.

Lorsque l'on étudie les petits organes et les petits caractères, on constate en

---

([2]) *Comptes rendus*, **206**, 1938, p. 147. Un état quelconque statique n'est pas toujours une stase. Deux stases du même animal doivent différer autrement que par la taille. Pour jouer le rôle de repères comparables les stases doivent être en même nombre dans tout le phylum étudié ou plus généralement se correspondre par homologie lorsque l'on passe d'un animal à l'autre dans ce phylum.

effet que les petites dysharmonies sont très communes. J'en ai observé beaucoup chez les Acariens. En général on les rattache sans peine à un type d'évolution qui existe ailleurs dans le même phylum, on leur trouve même une utilité, mais le milieu et les habitudes ne paraissent pas en jeu. En voici un exemple nouveau, celui des articulations à crispin chez les larves et les nymphes d'*Achipteria*. La structure à crispin (je l'ai appelée autrefois à collerette) consiste dans une expansion laminiforme du tégument, à l'extrémité *proximale* d'un article des pattes. L'expansion protège l'articulation qui se trouve à cette extrémité, entre l'article qui porte le crispin et l'article précédent. Une telle structure n'est pas exceptionnelle chez les Oribates supérieurs et elle est bien dans la ligne évolutive générale de leurs adultes. Dans le genre *Achipteria* cependant, c'est une structure particulière aux stases immatures. Elle n'existe à aucun degré chez les adultes. D'ailleurs elle manque à toutes les stases dans les familles voisines et même chez beaucoup d'espèces d'*Achipteria*. Dans le temps T c'est une nouveauté dysharmonique d'origine très récente. Elle est utile (protectrice d'un point faible). On ne peut cependant pas la qualifier d'adaptation au milieu et l'on ne voit pas que les larves et les nymphes d'*Achipteria* aient des habitudes particulières. Dans ce genre toutes les stases vivent ensemble; elles ont les mêmes mœurs et se nourrissent de la même façon. A côté d'elles et comme elles, vivent beaucoup d'autres Oribates chez lesquels aucun crispin ne se développe aux mêmes articles, à aucune stase.

Tout cela nous oblige à dire, que la phylogenèse d'une stase est indépendante de celles des autres stases du même animal. L'indépendance est totale puisqu'une seule mue peut tout changer. Elle n'entraîne pas la dysharmonie à titre de conséquence nécessaire, car il faut des causes et des conditions, quoique inconnues, à la dysharmonie, et celles-ci peuvent manquer. L'ontogenèse que nous observons est l'aboutissement actuel des phylogenèses aux divers âges de l'ontogenèse, qu'elles soient harmoniques ou non, rangées selon les valeurs croissantes de t. On ne peut espérer la comprendre si l'on se borne à voir dans l'animal son état présent. Il faut chercher à le voir aussi dans le temps T.

Une fois admis la pluralité des phylogenèses et le principe de leur indépendance, il me semble que les rapports de l'onto- avec la phylogenèse se présentent à l'esprit sous un jour meilleur. Non seulement l'ontogenèse ne répète pas la ou les phylogenèses, mais elle est d'une autre nature. Il vaut mieux l'envisager comme une suite de différences phylogénétiques. Alors une question qui paraît se poser en ontogenèse ne se posera pas toujours en phylogenèse, ou bien, si elle se pose aussi, ce sera d'une autre façon. On le voit bien quand on discute chez des Acariens, et sans doute chez beaucoup d'autres animaux, en s'efforçant de pénétrer dans le temps T, les nombreux cas de déspécialisation ontogenétique, ou les développements qui montrent, pour le même organe, des changements en sens opposés, l'un progressif et l'autre régressif. De tels changements

révèlent une dysharmonie des phylogenèses, mais chaque phylogenèse ne comporte de changement que dans un seul sens.

Si par exemple un poil est d'abord bien développé à la stase larvaire, puis réduit à un vestige aux stases nymphales, ou même supprimé, et de nouveau bien développé à la stase adulte, cela ne veut pas dire que la loi de Dollo, sous prétexte de répétition possible, ait des chances d'être en défaut. Cela signifie simplement que ce poil n'a subi une évolution régressive qu'aux stases nymphales.

Si l'on voit des trichobothries aux pattes des larves de Smarisidés, et aucune trichobothrie à celles de leurs nymphes et de leurs adultes, il ne faut pas se demander pourquoi ces organes disparaissent. Leur disparition dans le temps t n'est qu'un effet de dysharmonie. Dans le temps T ils n'ont fait qu'apparaître et continuer d'exister (en phylogenèse larvaire), ou bien ils n'ont jamais existé (en phylogenèses nymphale et adulte).

MÉDECINE. — *Sur l'activité rythmique des centres vasomoteurs.* Note [1] de MM. **Léon Binet** et **Mejer Burstein**.

Le tracé de la pression artérielle présente classiquement trois ordres d'oscillations, dont l'amplitude varie beaucoup suivant les animaux : oscillations de premier ordre, d'origine cardiaque; oscillations de deuxième ordre, en relation avec les mouvements respiratoires; oscillations de troisième ordre, plus lentes, d'origine vasomotrice pure.

La technique de la patte du chien nerveusement intacte et circulatoirement isolée, perfusée à débit constant avec le sang de l'animal lui-même [2], permet d'enregistrer, en même temps, et la pression carotidienne, et les variations du tonus vasculaire périphérique. La pression dans les vaisseaux de la patte perfusée exprime l'état de leur tonus et elle est indépendante de la pression carotidienne en ce sens que les modifications tensionnelles dans la circulation générale ne peuvent pas agir *directement* sur elle.

Les fluctuations spontanées de la pression au niveau des vaisseaux perfusés sont, soit d'origine purement locale, soit en relation avec les centres vasomoteurs dont le tonus peut augmenter ou diminuer. Quand il existe un synchronisme entre les oscillations tensionnelles dans les vaisseaux perfusés et les fluctuations de la pression générale, on peut affirmer que ces oscillations traduisent une activité rythmique des centres vasomoteurs.

Les oscillations de deuxième ordre se voient surtout chez les animaux bivagotomisés dont la respiration est lente. Ces oscillations sont caractérisées par une baisse inspiratoire et une hausse expiratoire de la pression carotidienne.

---

(1) Séance du 15 septembre 1947.

(2) Léon Binet et M. Burstein, *Comptes rendus*, **221**, 1945, p. 197.

Il existe en outre une baisse inspiratoire de la pression dans l'artère pulmonaire. D'après nos expériences, ces oscillations ne sont pas d'origine uniquement mécanique; en effet, le tracé de la pression dans les vaisseaux de la patte présente les mêmes accidents que le tracé de la pression carotidienne (*fig.* 1);

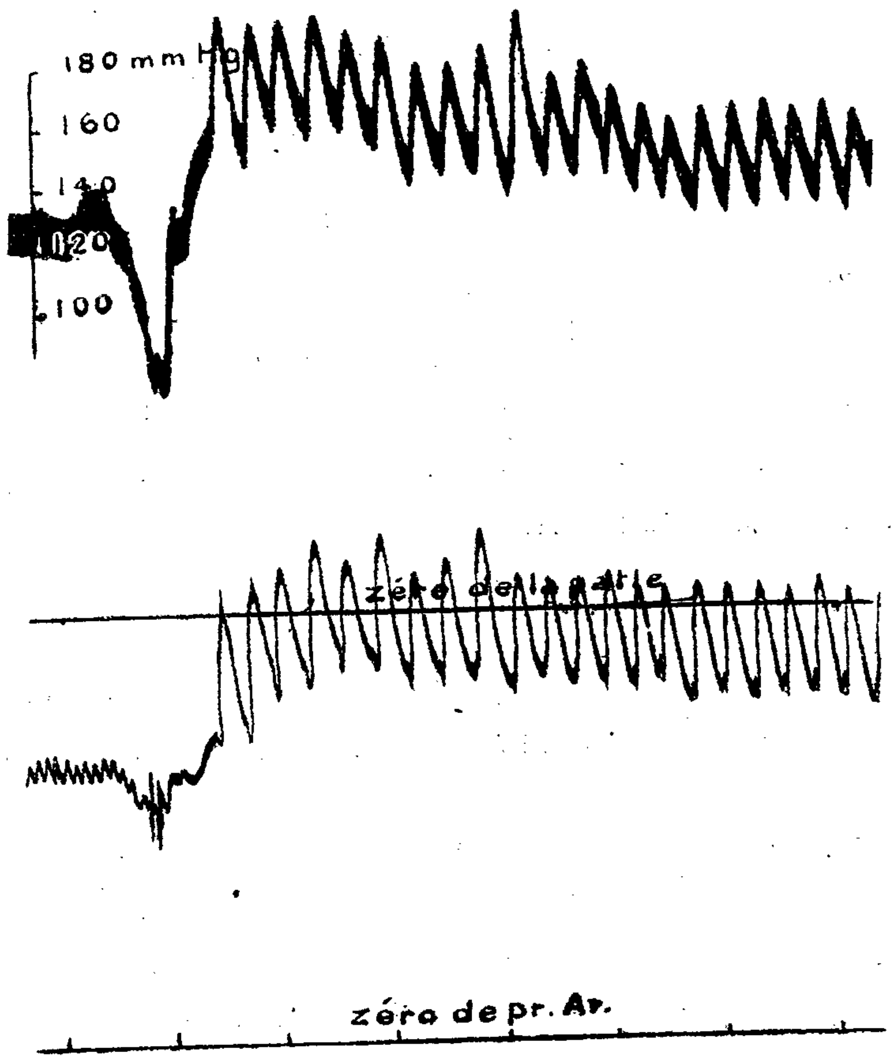


Fig. 1. — Chien de 8^{kg}. La patte postérieure est perfusée avec le sang de l'animal lui-même. Débit : 80^{cm^3}/m. *En haut*, pression dans les vaisseaux de la patte; *en bas*, pression carotidienne. Temps en minutes. Au signal, vagotomie double au cou. Hypertension générale et vasoconstriction périphérique. Noter les oscillations (en moyenne toutes les 15 secondes) de la pression carotidienne, synchrones aux oscillations de la pression dans les vaisseaux de la patte. Ces oscillations sont en rapport avec les mouvements respiratoires (maximum de baisse pendant l'inspiration).

l'hypotension inspiratoire s'accompagne ainsi d'une vasodilatation périphérique. Les fluctuations tensionnelles dans les deux circulations sont synchrones; en ce qui concerne leur intensité, elle est généralement plus marquée dans la circulation générale. Comme nous le verrons par la suite, c'est le contraire pour les oscillations de troisième ordre, qui sont d'origine vasomotrice pure. Il nous paraît donc vraisemblable que l'hypotension inspiratoire est en partie d'origine nerveuse, mais surtout d'origine mécanique (changement de la pression intrathoracique). Les oscillations de deuxième ordre manquent au niveau de la patte énervée par section du sciatique, du crural, de l'obturateur et ablation de la chaîne lombo-sacrée.

En résumé, l'hypotension inspiratoire chez le Chien bivagotonisé est due, en partie, à une diminution du tonus des centres vasoconstricteurs, laquelle s'exprime par une vasodilatation périphérique. Ceci confirme l'existence d'une corrélation entre l'activité des centres respiratoires et celle des centres vasomoteurs.

Des oscillations de troisième ordre sont rares chez le Chien normal. La figure 2 en donne un exemple. Il est facile de voir que la baisse tensionnelle est plus importante au niveau des vaisseaux perfusés que dans la circulation générale. Ces oscillations de troisième ordre sont plus marquées chez l'animal saigné dont le tonus des vasoconstricteurs est souvent très élevé ([3]). Après une hémorragie on peut enregistrer des oscillations très importantes de la pression

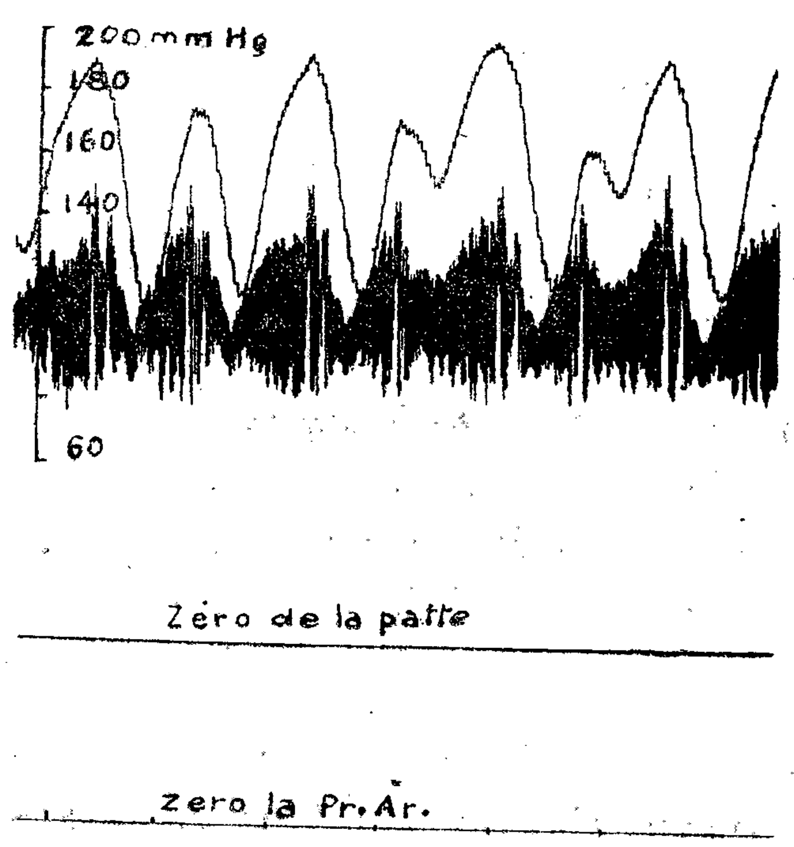


Fig. 2.

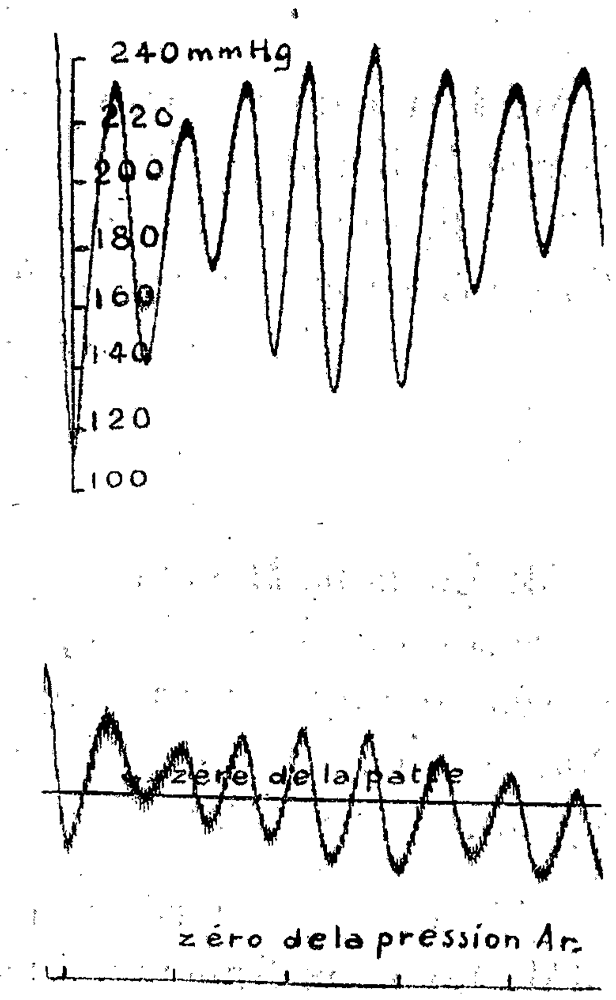


Fig. 3.

Fig. 2. — Chien de 8^{kg},500. La patte postérieure est perfusée avec le sang de l'animal lui-même. Débit : 55^{cm^3}/m. *En haut*, pression dans les vaisseaux de la patte; *en bas*, pression carotidienne. Temps en minutes. Noter les oscillations (en moyenne toutes les 60 secondes) de la pression dans les vaisseaux de la patte, synchrones aux oscillations de la pression carotidienne (ondes de troisième ordre dites de Sigmund-Mayer). Ces oscillations sont plus marquées dans les vaisseaux périphériques.

Fig. 3. — Chien de 10^{kg}. La patte postérieure est perfusée avec le sang de l'animal lui-même. Débit : 75^{cm^3}/m. *En haut*, pression dans les vaisseaux de la patte; *en bas*, pression carotidienne Temps en minutes. L'animal a subi une hémorragie de 150^{cm^3}, qui a déterminé une hypotension générale et une vasoconstriction périodique. Noter les oscillations (en moyenne toutes les 30 secondes) de la pression dans les vaisseaux de la patte, synchrones aux oscillations de la pression carotidienne. Ces oscillations sont plus marquées dans la circulation périphérique.

au niveau des vaisseaux périphériques contractés du fait de l'hypotension, oscillations synchronées aux fluctuations plus discrètes, mais du même sens, de la pression carotidienne (*fig.* 3). Ceci traduit l'activité rythmique des centres vasoconstricteurs dont le tonus a été renforcé à la suite de l'hypotension post-hémorragique.

Conclusions. — L'hypotension inspiratoire chez le Chien s'accompagne d'une vasodilatation. Il en résulte que cette hypotension est conditionnée en partie

([3]) Léon Binet et M. Burstein, *Comptes rendus*, 221, 1945, p. 211.

par une variation du tonus vasomoteur. Il existe ainsi une corrélation entre le centre respiratoire et les centres vasomoteurs.

Chez l'animal normal, mais surtout chez l'animal qui a subi une hémorragie et dont le tonus vasculaire est élevé, on peut enregistrer des fluctuations rythmiques importantes de ce tonus.

PLIS CACHETÉS.

M. **François Bertein** demande l'ouverture d'un pli cacheté reçu dans la séance du 3 mars 1947 et enregistré sous le n° 12283.

Ce pli, ouvert en séance par M. le Président, contient une Note intitulée : *Un système correcteur en optique électronique.*

(Renvoi à la Section de Physique générale.)

NOMINATIONS.

M. **Louis de Broglie**, comme Président du *Comité du troisième Centenaire de la naissance de Denis Papin*, prie l'Académie d'accorder son patronage à la Cérémonie qui aura lieu en l'honneur de **Denis Papin** au Conservatoire National des Arts et Métiers, le jeudi 13 novembre, à 15 heures, et l'invite à s'y faire représenter.

L'Académie accorde le patronage demandé et désigne pour la représenter MM. **Louis de Broglie**, **Albert Caquot**, **Albert Portevin** et **Jean Cabannes**.

M. **Pierre Pruvost** est proposé à nouveau pour faire partie du *Board of Trustees of the Charles Doolittle Walcott Fund* de la *National Academy of Sciences*, à Washington.

CORRESPONDANCE.

M. **Jean Cournot** adresse un rapport sur l'emploi de la subvention *Loutreuil* qui lui a été accordée en 1946.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Société commerciale des potasses d'Alsace. *Carte schématique des* pH *du sol de la France* au 1/1000000^e, dressée par M. Ph. Jean-Jacques Franc de Ferrière (présentée par M. Demolon).

2° *Notice de la carte schématique des* pH *du sol de la France* au 1/1000000^e, par Ph. Jean-Jacques Franc de Ferrière (présentée par M. Demolon).

3° L. et P. Vincent. *L'Équipement hydroélectrique de la France. Le projet de Langogne. Une conception à l'échelle européenne.*

4° Commission Euler de la Société helvétique des sciences naturelles. *Einteilung der sämtlichen Werke Leonhard Eulers*, von Andreas Speiser.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une équation aux dérivées partielles du troisième ordre.* Note de M. **Marcel Mendes**, présentée par M. Henri Villat.

1. Soit l'équation

$$\frac{\partial^3 u}{\partial x\,\partial y\,\partial z}+a(x)\frac{\partial^2 u}{\partial y\,\partial z}+d(y,z)\frac{\partial u}{\partial x}+g(x,y,z)\,u=0. \tag{1}$$

Nous appellerons *invariant* de cette équation la quantité $H=ad-g$. Cette dénomination se justifie par le fait que cette quantité ne change pas si l'on prend pour nouvelle fonction inconnue $v=\lambda(x)u$ et est multipliée par $\varphi(x')\psi(y')\chi(z')$ si l'on prend de nouvelles variables x', y', z' liées aux anciennes par les relations $x=\varphi(x')$, $y=\psi(y')$, $z=\chi(z')$. La considération de cet invariant permet d'ordonner la discussion de l'équation (1).

Nous définirons de nouvelles fonctions s, t, v, w par les relations

$$s=\frac{\partial u}{\partial x}+au,\qquad Ht=\frac{\partial^2 u}{\partial y\,\partial z}+du,\qquad Hv=\frac{\partial u}{\partial x}+au,\qquad W=\frac{\partial^2 u}{\partial y\,\partial z}+du$$

1^{er} *cas :* $H=0$. — La résolution de (1) se ramène à celle de l'un des systèmes

$$\left\{\begin{aligned}&\frac{\partial^2 s}{\partial y\,\partial z}+ds=0,\\&\frac{\partial u}{\partial x}+au=s;\end{aligned}\right.\qquad\left\{\begin{aligned}&\frac{\partial w}{\partial x}+aw=0,\\&\frac{\partial^2 u}{\partial y\,\partial z}+du=w.\end{aligned}\right.$$

s et w sont solutions de (1) en même temps que u.

2^e *cas :* $H=X(x)$. — v et w sont solutions de (1) en même temps que u; v est alors lié à u comme u à w; on en déduit que la connaissance d'une intégrale u_0 de (1) entraîne celle d'une suite linéaire (en général infinie) de solutions

$$\ldots,\quad u_{-3},\quad u_{-2},\quad u_{-1},\quad u_0,\quad u_1,\quad u_2,\quad u_3,\quad \ldots,$$

vérifiant à la fois les relations

$$Hu_i=\frac{\partial u_{i-1}}{\partial x}+au_{i-1}\qquad\text{et}\qquad u_i=\frac{\partial^2 u_{i+1}}{\partial y\,\partial z}+du_{i+1}.$$

s et t vérifient des équations de même forme que (1) et ayant même invariant.

Dans le cas particulier où $X=$ const., chacune de ces variables est liée à u comme u l'est à l'autre; on en déduit une conclusion analogue à la précédente.

3^e *cas :* $H=H(y,z)$. — s et t sont solutions de (1) en même temps que u et pour la même raison que précédemment on peut former à partir d'une solution de (1) une suite linéaire d'intégrales.

4^e *cas :* Cas général. — s vérifie une équation de la forme

$$\frac{\partial^3 s}{\partial x\,\partial y\,\partial z}+a_1(x,y,z)\frac{\partial^2 s}{\partial y\,\partial z}+d\frac{\partial s}{\partial x}+g_1 s=0,$$

avec $a_1 d-g_1=H$.

a_1 ne dépend que de x si H est de la forme $X(x)K(y, z)$, t vérifie dans ce cas particulier une équation de même forme que (1) ayant le même invariant.

2. On peut déterminer pour l'équation (1) un facteur $\mu(x, y, z)$ tel qu'après multiplication par ce facteur elle prenne la forme simple

$$\frac{\partial\Phi}{\partial x} - \frac{\partial^2\Psi}{\partial y\,\partial z} = 0,$$

où Φ et Ψ sont des fonctions linéaires en $\partial^2 u/\partial y\,\partial z$, $\partial u/\partial x$, $\partial u/\partial y$, $\partial u/\partial z$, u, lorsqu'on a une égalité de la forme

$$\mathrm{H}\,e^{\int_{x_0}^{x}\frac{g}{d}dx} = \tau(x)\,\psi(y, z).$$

Cette condition étant remplie, on a, avec β' fonction arbitraire de x, y, z,

$$\mu = \frac{\tau d}{\mathrm{H}},$$
$$\Phi = \mu\left(\frac{\partial^2 u}{\partial y\,\partial z} + du\right) + \frac{\partial^2}{\partial y\,\partial z}(\beta' u),$$
$$\psi = -\tau u + \frac{\partial}{\partial x}(\beta' u).$$

Si $\mathrm{H} = 0$, on a $\tau = 0$, et l'on retrouve un résultat antérieur.

3. *Généralisation.* — On peut développer pour l'équation

$$\frac{\partial^3 u}{\partial x\partial y\partial z} + a\frac{\partial^2 u}{\partial y\partial z} + d\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial a}{\partial z}\frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial a}{\partial y}\frac{\partial u}{\partial z} + gu = 0, \tag{2}$$

où a, d, g sont des fonctions de x, y, z, des considérations analogues aux précédentes, l'invariant étant ici $\mathrm{H} = ad - g + (\partial^2 a/\partial y\partial z)$.

En particulier, s ayant même signification que précédemment est solution de l'équation

$$\frac{\partial^2 s}{\partial y\,\partial z} + ds = 0,$$

ou d'une équation de la forme

$$\frac{\partial^3 s}{\partial x\,\partial y\,\partial z} + a_1\frac{\partial^2 s}{\partial y\,\partial z} + d\frac{\partial s}{\partial x} + g_1 s = 0,$$

selon que H est nul ou non identiquement nul.

GÉOMÉTRIE. — *Sur des congruences de droites ou de courbes déduites d'une surface.* Note de M. **André Charrueau**, présentée par M. Henri Villat.

1. La présente Note fait suite à une autre Note (¹) et à un Mémoire (²).

Considérons une surface non développable, *quelconque*, s et un vecteur $\vec{\mathrm{I}}$, de

---

(¹) André Charrueau, *Comptes rendus*, **221**, 1945, p. 274.

(²) André Charrueau, *Bull. des Sc. Math.*, 2ᵉ série, **70**, juillet-août 1946, p. 127.

longueur quelconque, d'origine O. Soient a un point de s; an et ϖ une demi-normale et le plan tangent à s en a; $\vec{a}$ le vecteur $\overrightarrow{Oa}$; $\vec{n}$ un vecteur unitaire, d'origine O, parallèle à an. Appelons M l'extrémité du vecteur $\vec{M} = \overrightarrow{OM}$ tel que

$$\vec{M} = \vec{I} \wedge \vec{a}.$$

Menons par M une droite D parallèle à an. On sait que, lorsque a se déplace sur s, D engendre une congruence $\mathcal{C}$, dont la surface moyenne est le plan perpendiculaire à $\vec{I}$ en O et dont les développables correspondent aux asymptotiques de s. Soient F et G les points focaux de D. M en est le point moyen.

Chaque plan focal de D est perpendiculaire à la tangente asymptotique de s, relative à a, correspondant à la développable à laquelle il est tangent. Sa normale a donc une direction indépendante de $\vec{I}$.

II. Supposons que $\vec{I}$ varie de manière que son origine O reste fixe et que son extrémité I se déplace sur une *droite fixe* D_1, *qui n'est pas perpendiculaire à* $\vec{n}$. Soit $\vec{d}$ un vecteur unitaire, d'origine O, parallèle à D_1.

1° Pour a fixe sur s $(\text{avec } \vec{a} \neq 0)$, les lieux respectifs de M, F et G sont trois droites D_M, D_F, D_G. Elles sont situées dans un même plan, Π, parallèle à an, et se coupent en un même point A. De plus, la droite D_M est perpendiculaire à D_1 et située dans le plan perpendiculaire à Oa en O. Soit I_n le point de D_1 situé dans le plan perpendiculaire à $\vec{n}$ en O. Appelons $\vec{I}_n$ le vecteur $\overrightarrow{OI_n}$. Pour $\vec{I}_n$, les points M, F et G sont confondus avec A. Le vecteur $\vec{A} = \overrightarrow{OA}$ satisfait à la relation

$$\vec{A} = \vec{I}_n \wedge \vec{a}. \tag{1}$$

La normale à Π est parallèle à

$$(\vec{d} \wedge \vec{a}) \wedge \vec{n} = (\vec{n}.\vec{d})\vec{a} - (\vec{a}.\vec{n})\vec{d}.$$

On passe de l'élément de contact (a, ϖ) à l'élément de contact (A, Π) par une transformation de contact de la deuxième classe déjà étudiée par nous.

2° Quand a se déplace sur s, le plan Π, des droites D_M, D_F et D_G, touche son enveloppe S au point A, intersection de D_F et de D_G. Les droites D_F et D_G sont deux tangentes conjuguées de S et les courbes conjuguées qu'elles enveloppent correspondent aux asymptotiques de s.

Nous continuerons à supposer jusqu'à la fin de cette Note, qu'on a toujours $\vec{a} \neq 0$, $\vec{n}.\vec{a} \neq 0$ pour les domaines étudiés.

III. Si nous considérons des droites D_1 *passant par un même point* J, les plans π correspondants relatifs à un même point a, quelconque, de s contiennent

tous la droite parallèle à *an* menée par l'extrémité du vecteur d'origine O, égal à $\vec{J} \wedge \vec{a}$ (avec $\vec{J} = \overrightarrow{OJ}$).

Pour des droites D_I *parallèles*, les plans Π relatifs au point a sont parallèles à un même plan.

IV. Prenons maintenant pour droites D_I les génératrices d'une *surface réglée gauche quelconque* R_I.

1° Pour a fixe sur s, le lieu du point A est une courbe, C_A, du plan perpendiculaire à Oa en O. La relation (1) ci-dessus transforme en la ligne plane C_A l'intersection de la surface R_I et du plan perpendiculaire à $\vec{n}$ en O.

2° Quand a se déplace sur s, on a une famille de surfaces S à un paramètre et une congruence de courbes planes C_A. Les deux familles de courbes à un paramètre qui, dans cette congruence, correspondent aux asymptotiques de s découpent sur chaque surface S un réseau conjugué.

V. Considérons enfin le cas particulièrement intéressant où l'on prend pour droites D_I les positions d'une droite variant, en fonction de deux paramètres, dans un *plan fixe* P_I.

Soit I_0 le pied de la perpendiculaire menée de O sur P_I.

1° Pour a fixe sur s, les lieux respectifs de M, F et G sont trois plans P_M, P_F, P_G. Le premier est perpendiculaire à Oa en O. Les trois plans P_M, P_F, P_G se coupent suivant une même droite D_A, lieu de A.

La relation (1) ci-dessus transforme en la droite D_A l'intersection du plan P_I et du plan perpendiculaire à $\vec{n}$ en O.

Posons $\vec{I}_0 = \overrightarrow{OI_0}$. La droite D_A est parallèle à

$$(\vec{I}_0 \wedge \vec{n}) \wedge \vec{a} = (\vec{I}_0 . \vec{a})\vec{n} - (\vec{a} . \vec{n})\vec{I}_0.$$

On peut obtenir la projection de D_A sur le plan H parallèle à P_I et passant par O, en faisant tourner de $+(\pi/2)$ autour de $\vec{I}_0$ l'intersection des plans ϖ et H et en appliquant à la droite ainsi obtenue l'homothétie (O, OI_0).

2° Quand a se déplace sur s, la droite D_A engendre une congruence qui se déduit, par l'homothétie (O, OI_0), de la congruence $\mathcal{E}$ de la Note précitée, construite pour la demi-droite d'origine O passant I_0. On a une famille de surfaces S à deux paramètres. Les développables de la congruence des droites D_A correspondent, comme les développables de toute congruence $\mathcal{C}$, aux asymptotiques de s et elles découpent sur toute surface S un réseau conjugué. Les plans focaux de D_A sont les plans P_F et P_G. Chacun des points focaux de D_A est situé dans le plan passant par O et perpendiculaire à une tangente asymptotique de s relative à a.

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Analyse harmonique des fonctions aléatoires strictement stationnaires*. Note de M. **Joseph Kampé de Fériet**, présentée par M. Henri Villat.

Le problème de l'analyse harmonique des fonctions aléatoires stationnaires a été résolu par M. Loève ([1]); or, avec des hypothèses il est vrai plus restrictives, (stationnarité stricte au lieu du 2ᵉ ordre), sa solution découle immédiatement de la représentation des f. a. que j'ai proposée([2]); à ce point de vue elle traduit en langage aléatoire la décomposition spectrale d'un groupe d'opérateurs unitaires dans l'espace de Hilbert (J. Von Neumann, H. Stone).

Conservant les hypothèses générales de la Note citée, je supposerai que : 1° Le groupe abélien de transformations T_t de Ω en lui-même conserve la mesure; 2° La fonction mesurable complexe $f(\omega) \in L^2$; en posant

$$X(t)=f(T_t\omega) \tag{1}$$

on définit une f. a. str. st. possédant des moments d'ordre 2. Soit H l'espace de Hilbert défini par les $f(\omega)$; il est clair qu'en posant $f(T_t\omega)=U_t f$, on définit un groupe abélien d'opérateurs unitaires U_t : $U_{t+s}=U_t U_s$; soit E_λ, $(-\infty<\lambda<+\infty)$, l'ensemble des projections constituant la décomposition de l'identité pour ce groupe; H. Stone ([3]) a prouvé que ([4])

$$U_t f=\int_{-\infty}^{+\infty} e^{i\lambda t}\, dE_\lambda f, \tag{2}$$

$$(U_t f,\, g)=\int_{-\infty}^{+\infty} e^{i\lambda t}\, d(E_\lambda f,\, g), \tag{3}$$

$$(U_{t+h} f,\, U_t f)=(U_h f,\, f)=\int_{-\infty}^{+\infty} e^{i\lambda h}\, d\| E_\lambda f\|^2. \tag{4}$$

En partant de (1) la traduction aléatoire est immédiate ([5])

$$X(t)=\int_{-\infty}^{+\infty} e^{i\lambda t}\, dE(\lambda), \tag{2'}$$

$$\overline{X(t)\,Y^*}=\int_{-\infty}^{+\infty} e^{i\lambda t}\, d\overline{E(\lambda)\,Y^*}, \tag{3'}$$

$$\overline{X(t+h)\,X^*(t)}=\int_{-\infty}^{+\infty} e^{i\lambda h}\, d\,\overline{|E(\lambda)|^2}, \tag{4'}$$

([1]) *Comptes rendus*, **220**, 1945, p. 380.
([2]) *Comptes rendus*, **225**, 1947, p. 37.
([3]) *Annals of Mathematics*, **33**, 1932, pp. 643-648.
([4]) $f\in H$ et $g\in H$, (f, g) = produit intérieur, $\|f\|$ = norme.
([5]) $\overline{X}$ = moyenne d'une variable aléatoire (v. a.), z^* = conjuguée complexe de z.

où $E(\lambda)$ et Y désignent respectivement la f. a. de λ et la v. a. définies par $E(\lambda) = E_\lambda f(\omega)$, $Y = g(\omega)$, l'épreuve consistant à choisir un $\omega \in \Omega$, avec la même loi de probabilité que pour $X(t)$. Pour une f. a. str. st., (2') donne la décomposition harmonique de M. Loève au moyen d'une f. a. $E(\lambda)$ orthogonale à ses accroissements; ceci résulte de la formule $E_\lambda E_\mu = E_\lambda (\lambda \leqq \mu)$ qui entraîne $[(E_\mu - E_\lambda)f, E_\lambda f] = 0$. Le premier membre de (4') est le coefficient de corrélation $\rho(h)$ de la f. a. $X(t)$; cette formule constitue donc une nouvelle démonstration du théorème de Khintchine : $\rho(h)$ est la transformée de Fourier-Stieltjes de la fonction spectrale $\mathcal{F}(\lambda) = \|E_\lambda f\|^2 = \overline{|E(\lambda)|^2}$.

Soit $\varphi_n(\omega)$ un système orthogonal normal et complet dans H; il lui correspond une suite de v. a. $\Phi_n = \varphi_n(\omega)$, $\overline{\Phi_n \Phi_n^*} = 0 (m \neq n)$, $\overline{|\Phi_n|^2} = 1$; (3) permet de calculer les coefficients de la série fortement convergente

$$U_t f = \sum_1^{+\infty} A_n(t) \varphi_n(\omega); \qquad A_n = (U_t f, \varphi_n).$$

On en déduit la série aléatoire convergente en moyenne quadratique

$$X(t) = \sum_1^{+\infty} A_n(t) \Phi_n; \qquad A_n = \int_{-\infty}^{+\infty} e^{i\lambda t} a \overline{E(\lambda) \Phi_n^*};$$

il est remarquable que, dans ce développement, l'élément aléatoire constitué par les Φ_n soit indépendant de t; seuls en dépendent les coefficients $A_n(t)$ qui sont des nombres certains.

MÉCANIQUE PHYSIQUE. — *Progrès dans la mesure du frottement intérieur des métaux et des alliages au micropendule de Coulomb.* Note [1] de M. **Christian Boulanger**, présentée par M. Pierre Chevenard.

Avant d'aborder un programme systématique de recherches sur le frottement intérieur des métaux et des alliages, je me suis proposé d'améliorer la précision du micropendule de Coulomb créé au laboratoire d'Imphy [2] et d'en étendre les possibilités. On sait que cet appareil, utilise une microéprouvette dont le tronçon utile a 10^{mm} de longueur et $1^{mm},5$ de diamètre et les têtes 7^{mm} de longueur et $3^{mm},5$ de diamètre.

Des essais méthodiques ont été entrepris afin de réduire les principales causes d'erreur : écarts accidentels consécutifs aux démontages et remontages d'une microéprouvette; inégalités du serrage; dissipation d'énergie par ébranlement du support. De plus, il a paru avantageux de pouvoir chauffer l'éprouvette jusqu'à 200° environ afin d'accélérer le vieillissement du métal après

(1) Séance du 6 octobre 1947.

(2) *Comptes rendus*, **211**, 1940, p. 631; *Revue de Métallurgie*, **38** et **39**, 1941 et 1942, p. 273.

écrouissage, ou de la soumettre à un champ magnétique longitudinal. Ces buts ont été atteints grâce à quelques modifications de l'appareil.

L'une d'elles, concerne la fixation de la microéprouvette au volant et à la carcasse. Ces deux pièces sont désormais pourvues d'étaux en acier trempé. Le mors fixe est en forme de V et le mors mobile est plan : la tête est ainsi pressée le long de trois génératrices; le couple qui assure le serrage de l'étau est contrôlé.

Dans l'appareil primitif, la carcasse était suspendue à un fil d'acier long et relativement fin, de manière à réaliser à peu près le schème du micropendule supporté tout entier par un pivot sans couple de rappel. Mais, pour des raisons pratiques, la chambre photographique enfermant le tambour de chronographe demeurait fixe : aussi la carcasse était-elle munie d'un amortisseur à l'huile afin d'éviter qu'une rotation accidentelle de l'équipage n'entraînât une dérive du point lumineux. L'expérience a montré préférable de s'opposer à cette dérive en donnant un couple de rappel appréciable au fil supportant la carcasse et en choisissant pour ce fil un métal à très faible frottement intérieur.

L'amortisseur à huile a été supprimé et remplacé par un amortisseur à frottement solide, formé de deux lames-ressorts légèrement appuyées sur la carcasse et réglé de manière à ne pas affecter sensiblement l'amortissement de l'éprouvette. La carcasse, très lourde, ne reçoit que la 4/1000 partie de l'énergie cinétique de l'éprouvette, et la perte causée par la suspension est négligeable.

Comme la faible longueur de la microéprouvette interdit de limiter la partie chauffée au seul tronçon utile, une résistance de chauffage, enfermée dans la cage étanche de l'appareil, permet de porter et de maintenir l'ensemble carcasse-microéprouvette-volant à toute température inférieure à 200°. Une bobine magnétisante, capable de créer un champ axial de 1000 œrsteds, sert à étudier l'effet de l'aimantation sur le frottement intérieur des métaux ferromagnétiques ([3]). La torsion initiale de la microéprouvette, imposée par le dispositif électromagnétique de lancer, peut atteindre une amplitude telle que la contrainte au cisaillement, dans le cas d'un acier, varie de 15 kg/mm² à quelques hg/mm². Un jeu de volants à moments d'inertie différents servent à faire varier la fréquence.

Enfin, comme il a été déjà dit ([4]), la netteté de la sinusoïde amortie enregistrée sur papier sensible permet de calculer le décrément moyen sur un petit nombre de périodes : d'où possibilité d'évaluer la variation du *décrément vrai* avec la valeur actuelle de la contrainte au cisaillement.

Les figures 1 et 2, relatives à un alliage nickel-chrome du type 80-20, illustrent les possibilités de l'appareil modifié. Des microéprouvettes, préalablement recuites à 850° ont été étirées par traction sous divers taux d'al-

---

([3]) *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 1286.
([4]) *Loc. cit.*

longement A. La première figure représente, en fonction de A, le décrément initial, observé pour différentes amplitudes, au cours d'un essai au micropendule, entrepris 30 minutes après étirage. L'autre figure, qui concerne l'éprouvette

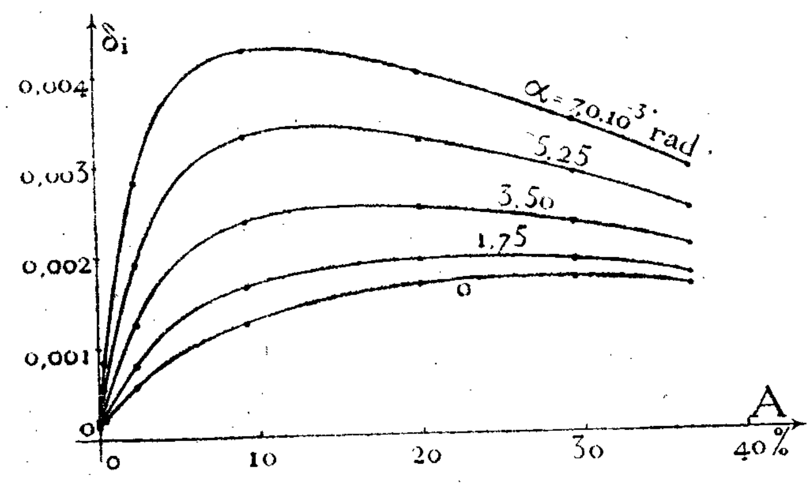


Fig. 1.

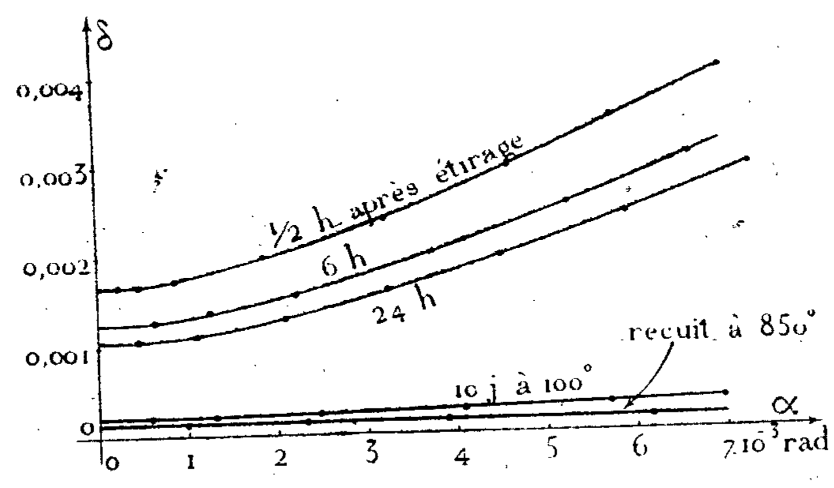


Fig. 2.

étirée sous A = 20 %, représente l'évolution spontanée des courbes décrément-amplitude : on note l'effet du vieillissement pendant 24 heures à température ordinaire puis pendant 10 jours à 100°. Un recuit à 850° restitue le frottement intérieur initial, quasi indépendant de l'amplitude, faible au point que l'oscillation met plus d'une heure à s'amortir.

On arrive ainsi à mesurer avec cet alliage des décréments inférieurs à 0,0001 sous des contraintes de plusieurs kg/mm². La petitesse de ce chiffre, bien inférieur à ceux qui ont été publiés par de nombreux auteurs pour de semblables contraintes, prouve l'efficacité des mesures prises pour réduire les pertes d'énergie étrangères au frottement intérieur du métal étudié.

MÉCANIQUE ONDULATOIRE. — *Sur la symétrisation relativiste du formalisme quantique en théorie de Dirac*. Note (¹) de M. **Olivier Costa de Beauregard**.

Le formalisme généralisé que nous proposons vient coïncider avec le formalisme classique lorsque : α. l'on prend la *matrice-tampon* γ^0 (²) égale à γ^4, β. l'on calcule les intégrales *à temps constant*.

Prenons *arbitrairement* une famille $\mathcal{E}(\theta)$ d'hypersurfaces curvilignes tridimensionnelles du genre espace balayant continûment tout l'Univers de Minkowski dans le sens des temps croissants lorsque θ varie de $-\infty$ à $+\infty$; $\mathcal{E}$ sera dit *pseudo-espace* et θ *pseudo-temps*.

Le fondement de notre théorie est la *définition généralisée du produit scalaire*

(¹) Séance du 6 octobre 1947.

(²) Nous nous référons implicitement, dans toute cette Note, aux résultats, définitions et notations de notre Thèse, principalement à ceux du chap. I, paragraphe 2 (*Journal de Math.*, XXII, 2, 1943, p. 85).

hermitien suivante (³)

$$(\varphi, \psi\,\delta u) = ic \iiint_{\mathcal{E}} \varphi^+\gamma^0\gamma^i\psi\,\delta u_i; \tag{1}$$

les notations sont celles usuelles en théorie de Dirac, et $ic\,\delta u_i$ désigne le dual de l'élément d'intégration $[dx^j\,dx^k\,dx^l]$. Cette définition jouit des propriétés habituelles

$$\left\{\begin{array}{ll}(\varphi, a\psi\,\delta u) = a(\varphi, \psi\,\delta u), & (\varphi_1 + \varphi_2, \psi\,\delta u) = (\varphi_1, \psi\,\delta u) + (\varphi_2, \psi\,\delta u),\\ (\varphi, \psi\,\delta u) = \overline{(\psi\,\delta u, \varphi)}, & (\psi, \psi\,\delta u)\left\{\begin{array}{ll}>0 & \text{si } \psi \neq 0,\\ =0 & \text{si } \psi = 0;\end{array}\right.\end{array}\right. \tag{2}$$

(2_3) résulte du jeu spécial de la *matrice tampon* γ^0, et (2_4) de ce que le quadri-courant de Dirac $i\psi^+\gamma^0\gamma^i\psi$ est du genre temps; pour la même raison, l'on peut normer à pseudo-temps constant suivant

$$(\psi, \psi\,\delta u) = 1, \tag{3}$$

condition conservative. Les (2), jointes à l'hypothèse de la complétion [mais non nécessairement à celle de la séparabilité (⁴)] permettent de fonder axiomatiquement la théorie de l'espace de Hilbert et de ses opérateurs.

La généralisation de la notion d'opérateurs adjoints se fait d'elle même. On s'assure que les deux quadri-opérateurs

$$X^i = x^i \times, \qquad P^i = -\frac{h}{2\pi i}\partial^i + \frac{e}{c}A^i, \tag{4}$$

ont leurs composantes 1, 2, 3 hermitiennes et 4 antihermitienne; pour P^i, la propriété résulte du calcul

$$\iiint_{\mathcal{E}} \{\psi^+\gamma^0\gamma^i\partial_j\psi + \partial_j\psi^+\gamma^0\gamma^i\psi\}\,\delta u_i = \iiint_{\mathcal{E}} \partial_j(\psi^+\gamma^0\gamma^i\psi)\,\delta u_i = \iint_{\mathcal{S}} \psi^+\gamma^0\gamma^i\psi\,\delta s_{ij} = 0;$$

l'intégrale double est prise sur le contour, infiniment éloigné, de $\mathcal{E}$, et l'on suppose essentiellement que ψ décroît suffisamment vite à l'infini spatial; $ic\,\delta s_{ij}$ est le dual de $[dx^k\,dx^l]$. Ce calcul permet d'introduire l'opérateur antisymétrisé

$$[P^i] = -\frac{h}{4\pi i}[\partial^i] + \frac{e}{c}A^i, \qquad \text{avec} \quad [\partial^i] = \overrightarrow{\partial^i} - \overleftarrow{\partial^i}, \tag{4}$$

qui, comme les précédents, jouit de la *symétrie relativiste du second principe*. Par

---

(³) Nous avons dû légèrement expliciter le symbolisme usuel pour tenir compte de ce que les trois $ic\,\delta u^\nu$ sont imaginaires ($\nu = 1, 2, 3$).

(⁴) E. Arnous, *Thèse*, p. 21 (Paris, 1946).

ailleurs, grâce au jeu de la matrice γ^0, *tout se passe comme si* les 5 opérateurs-tenseurs *diraciens* $\gamma^{ij\cdots}$ jouissaient de cette même symétrie.

La généralisation s'étend à la théorie des valeurs et fonctions propres, ainsi qu'à l'énoncé des principes généraux de la statistique quantique; l'on donnera, pour le pseudo-instant θ d'une mesure future, l'expression connue de la *fonction de répartition* de J. de Neumann [5] ou celle de la *fonction caractéristique* d'E. Arnous [4]. Il suit de là, comme d'habitude, que la valeur moyenne probable au pseudo-instant θ d'une grandeur d'opérateur $R^{jk\cdots}$ sera

$$\bar{r}^{jk\cdots} = (\psi,\ R^{jk\cdots}\psi\,\delta u); \tag{5}$$

si n est le rang du tenseur correspondant en relativité classique, c'est-à-dire aussi le rang de $\bar{r}^{jk\cdots}$ et celui, au moins symbolique, de $R^{jk\cdots}$ [6], notons que, d'après nos principes, le rang de la densité homologue

$$\rho^{ijk\cdots} = \psi^{+}\gamma^{0}\gamma^{i}R^{jk\cdots}\psi \tag{6}$$

sera $n+1$, ce qui est correct au point de vue relativiste.

D'après (5) et (1), la densité associée à l'opérateur de présence 1 est bien le quadri-courant de Dirac (j^i), et celle associée au quadri-opérateur P^i ou $[P^i]$ le tenseur asymétrique de Tetrode (T^{ij}). Celle associée au quadri-opérateur X^i est $x^i(j^k)$, et, pour une intégration faite à temps constant t, la valeur *moyenne* de x^4 n'est autre que *ict*.

Suivant qu'on applique les formules (5) et (1) aux cinq γ ou à leurs duales, l'intégration abaisse ou élève de 1 le rang du tenseur symbolique fini; on conclut de là le tableau suivant, qui symétrise celui de notre Thèse [7]

Grandeur finie (rang $n-1$).	Densité (rang n).	Grandeur finie (rang $n+1$).
—	(ω_1)	*Fausse impulsion-masse* $\omega_1\,\delta u^i$
Charge électrique $j^k\,\delta u_k$	(j^k)	*Courant électrique fini* $j^k\delta u^l - j^l\delta u^k$
Moment électrique propre $m^{ij}\,\delta u_j$	(m^{ij})	Moment magnétique propre $\Sigma m^{ij}\,\delta u^k$
Spin $\sigma^{ijk}\,\delta u_k$	(σ^{ijk})	*Grandeur mécanique* X $\sigma^k\,\delta u_k$
Grandeur mécanique Y^l $\omega_2^{ijkl}\,\delta u_l$	(ω_2^{ijkl})	—

Pour la grandeur quantique finie, l'opérateur est, à un coefficient physique

---

(5) *Fondements mathématiques de la mécanique quantique*, trad. A. Proca, Paris, 1946.

(6) Rappelons que les diverses *composantes* de $R^{jk\cdots}$ ne sont pas nécessairement *simultanément* mesurables.

(7) *Op. cit.*, p. 117; voir aussi pp. 114-116, 132-133 et 153.

convenable, le γ de rang $n \pm 1$; nous avons indiqué l'expression élémentaire classique de ces grandeurs.

Des considérations physiques permettent de justifier la validité de la généralisation des principes quantiques que nous proposons ici.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur le fractionnement chromatographique de quelques élastomères synthétiques*. Note de M. **Ivan Landler**, présentée par M. Jean Cabannes.

Mark et Saïto [1] ont été les premiers à fractionner un haut polymère (l'acétate de cellulose) par adsorption chromatographique sur du charbon de sang. Ils ont trouvé que les molécules de bas poids moléculaire étaient adsorbées les premières, et que le poids moléculaire moyen du produit non adsorbé était supérieur au poids moléculaire initial. Levi et Giera [2] ont confirmé ce résultat mais n'ont pas réussi à fractionner le Buna S ni le polyisoprène, ces polymères étant élués au cours du lavage de la colonne par le solvant.

Nous avons repris ces expériences sur des élastomères synthétiques commerciaux : G. R. S. (butadiène-styrolène), Perbunan N (butadiène-acrylonitrile) et Vistanex (polyisobutylène). Le polymère était adsorbé à partir d'un *mauvais solvant* constitué par un mélange de toluène et d'alcool méthylique, la quantité d'alcool ajoutée étant juste inférieure au seuil de précipitation. Nous utilisions comme adsorbant un mélange de noir de fumée (80 m^2/g) (75 %) et de charbon actif en morceaux (25 %). Ce dernier servait à prévenir une agglomération du noir de fumée. L'adsorbant était partagé en trois couches de 10^g chacune. Le tube était terminé par un filtre en verre fritté. La filtration étant effectuée sous pression, la vitesse d'écoulement était ainsi maintenue constante. Le polymère a été caractérisé par sa viscosité intrinsèque. Le poids moléculaire, évalué à l'aide de la relation expérimentale entre le poids moléculaire et la viscosité [3], ne possède qu'une valeur indicative, la relation n'étant valable que pour des fractions étroites.

Après filtration, la colonne était lavée par un mélange de composition identique à celle de la solution initiale, jusqu'à ce que le liquide de lavage ne contienne plus de polymère. Les trois couches d'adsorbant étant ensuite séparées et éluées avec de *bons solvants* (toluène, tétrachlorure de carbone, benzène, ...) et le noir de fumée entraîné était éliminé par centrifugation.

---

(1) *Monatshefte f. Chemie*, **68**, 1936, p. 237.
(2) *Gazz. Chim.*, **67**, 1937, p. 719.
(3) R. L. Scott et Magat, à paraître, *J. Am. Chem. Soc.*

		I.	II.	III.	IV.	V.	VI.
Polyisobutylène $c = 2,5$ g/l	[η]......	0,134	0,080	0,120	0,135	0,140	–
	M.10⁻³..	650	275	530	650	680	–
	%.......	100	3,5	5,1	4,1	80,6	6,7
Perbunan $c = 4,3$ g/l	[η]......	0,174	0,007	0,014	0,032	0,150	–
	M.10⁻³..	420	1,8	5,5	22	300	–
	%.......	100	28,3	9,6	6,1	52,2	3,8
G. R. S. $c = 2,01$ g/l	[η]......	0,248	0,056	0,088	0,153	0,200	–
	M.10⁻³..	700	65	130	330	500	–
	%.......	100	2,3	2,8	3,2	89,7	2,0
G. R. S. $c = 6,5$ g/l	[η]......	0,248	0,096	0,103	0,116	0,196	–
	M.10⁻³..	700	140	160	210	450	–
	%.......	100	4,7	5,6	6,3	69,4	14,2
G. R. S. $c = 15$ g/l	[η]......	0,248	0,198	0,186	0,151	0,180	–
	M.10⁻³..	700	500	430	300	420	
	%.......	100	14,25	12,55	11,9	52,2	9,1

I. Solution initiale; II. Couche supérieure; III. Couche moyenne; IV. Couche inférieure; V. Solution ayant traversé la colonne; VI. Non récupéré.

Les conclusions suivantes peuvent être tirées de nos résultats :

1° Un fractionnement des élastomères par adsorption chromatographique est possible;

2° Aux faibles concentrations les polymères de bas poids moléculaires sont adsorbés les premiers. Aux concentrations plus élevées, c'est l'inverse qui se produit;

3° Les polymères non saturés sont dégradés au cours de la filtration, le poids moléculaire moyen après filtration étant plus faible que dans la solution initiale;

4° Le pourcentage de polymère adsorbé croît avec la concentration de la solution;

5° Le polymère non récupéré correspond d'une part à des pertes au cours du traitement et, d'autre part, au polymère fixé sur l'adsorbant par une liaison chimique.

Le fait le plus frappant est l'adsorption préférentielle de molécules de bas poids moléculaire aux faibles concentrations. L'explication théorique complète de ce phénomène est difficile à donner. Nous pensons que ce fait serait dû à la compétition pour l'adsorption entre solvant et polymère, de sorte qu'il n'arrive pratiquement jamais qu'une molécule de polymère soit adsorbée sur toute sa longueur. En général, un même nombre de chaînons sera adsorbé à la suite et les molécules seront retenues à la surface avec la même énergie quelle que soit leur longueur. D'autre part, l'énergie cinétique nécessaire pour les détacher sera plus facilement accumulée par une chaîne longue que par une chaîne plus courte, celle-ci sera donc préférentiellement adsorbée.

Quand la concentration en polymère augmente, le nombre de cas où une chaîne est adsorbée en deux ou plusieurs endroits différents va augmenter aussi. Cette adsorption multiple sera d'autant plus probable que la chaîne sera plus longue. La situation sera donc inversée et les molécules de hauts poids moléculaires seront adsorbées de préférence. Comme la viscosité mesure le poids moléculaire moyen en poids, l'adsorption des molécules de bas poids moléculaire, qui persiste en partie, se trouve alors masquée par cette adsorption multiple.

CHIMIE MACROMOLÉCULAIRE. — *Sur la préparation et la polycondensation de l'acide 10-amino-undécanoïque*. Note de MM. **René Aelion** et **Georges Champetier**, présentée par M. Louis Hackspill.

Nous avions pu vérifier (1) que l'introduction d'un groupe méthyle sur l'azote de la fonction amide du polyundécanamide détruisait sa cohésion polaire et sa structure cristalline. Cette substitution à l'azote ressortit à deux mécanismes de perturbation :

1° Empêchement stérique dû au groupe méthyle.

2° Suppression d'une possibilité d'établissement d'une liaison hydrogène entre chaînes.

La substitution de l'hydrogène par un groupe méthyle sur le carbone, et non plus sur l'azote, maintient l'intégrité des groupes polaires $>C=O$ et $>NH$ et les méthylpolyamides ainsi obtenus doivent avoir des propriétés intermédiaires entre les polyamides et les N-méthylpolyamides correspondantes puisque, dans ce cas, seule entre en jeu la perturbation due à l'empêchement stérique de la chaîne latérale.

Ayant étudié précédemment la polycondensation des acides 11-amino-undécanoïque et 11-N-méthylamino-undécanoïque, nous avons été amenés à préparer et à polycondenser l'acide 10-amino-undécanoïque

$$CH_3-\underset{\displaystyle NH_2}{\underset{|}{CH}}-(CH_2)_8-COOH$$

Cet aminoacide a été obtenu en partant de l'acide undécylénique par les deux réactions suivantes :

$$CH_2{=}CH-(CH_2)_8-COOH + BrH \rightarrow CH_3-\underset{\displaystyle Br}{\underset{|}{CH}}-(CH_2)_8-COOH$$

$$CH_3-\underset{\displaystyle Br}{\underset{|}{CH}}-(CH_2)_8-COOH + NH_3 \rightarrow BrH + CH_3-\underset{\displaystyle NH_2}{\underset{|}{CH}}-(CH_2)_8-COOH.$$

(1) *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 346.

L'addition d'acide bromhydrique sur la double liaison de l'acide undécylénique s'oriente théoriquement suivant la règle de Markownikoff, le brome se fixant sur le carbone le plus substitué. Ce n'est le cas que si l'acide undécylénique est très pur : F 25°,0 (tube). La fixation du brome en position 10 pour des produits moins purifiés (24°,0 $\leq$ F $\leq$ 25°,0) est favorisée par la présence d'hydrogène, d'un gaz inerte ou d'un corps antioxygène ([2]), le solvant choisi pour effectuer la réaction permettant plus ou moins ces effets d'orientation. Nous avons constaté dans le même ordre d'idées que le brome se fixe préférentiellement en position 10 sur l'undécylénate de potassium en suspension dans la ligroïne.

Nous avons utilisé, par suite, une solution d'acide undécylénique dans la ligroïne en présence de bromure de calcium, qui permet d'éliminer toute trace d'humidité qui orienterait la fixation du brome en position 11. Le produit obtenu est purifié par cristallisations répétées dans la ligroïne : cristaux blancs F 35°,5.

L'amination en position 10, plus difficile à effectuer qu'en position 11 est réalisée par l'ammoniac sous pression ([3]) (20 à 40 kg/cm^2) ce qui conduit au sel d'ammonium de l'acide aminé.

Par agitation prolongée dans l'acide chlorhydrique dilué (pH 4 à 5) le chlorhydrate de l'aminoacide passe en solution. Après décantation et lavage à l'éther, la solution est neutralisée à la soude diluée (bleu de bromothymol). L'aminoacide a été isolé par précipitation par un mélange acétone-éther et purifié par sublimation sous $0^{mm},1$ Hg : cristaux blancs F 186°.

Cet aminoacide est polycondensé en atmosphère d'azote à sa température de fusion. La réaction est beaucoup plus difficile à réaliser que dans le cas du polyundécanamide. L'aminoacide se sublime en grande partie sans réagir. Après cinq heures de chauffage, la polycondensation est achevée sous vide poussé. Le polymère obtenu est une résine légèrement jaune, opaque, dure, dont le point de fusion (F 125 à 130°) n'est pas aussi net que celui du polyundécanamide. Ce produit est facilement soluble dans les solvants des polyamides, mais aussi dans la plupart des solvants organiques, entre autres l'alcool à chaud. Il est insoluble dans l'acétone.

Le spectre d'absorption infrarouge est identique à celui du polyundécanamide ([4]).

Les clichés de diffraction des rayons X du polymère non orienté ne conserve plus que l'anneau 4,4 Å sur les deux anneaux caractéristiques des polyamides (4,4 et 3,7 Å). Mais on trouve un anneau fin à la distance réticulaire 5,7 Å.

([2]) R. Ashton et J. C. Smith, *J. Chem. Soc.*, London, 40, 1934, p. 435.
([3]) B. Flaschentrager et Halle, *Z. f. Physiol. Chem.*, 159, 1926, p. 286.
([4]) R. Aélion et H. Lenormant, *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 904.

La méthylation sur le carbone introduit donc, à elle seule, la solubilité, mais ne perturbe pas sensiblement la cristallinité du polymère et son point de fusion.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Le dosage spectrographique de l'alumine dans les résidus d'oxydes métalliques. Application au dosage de l'oxygène dans les aciers spéciaux.* Note ([1]) de MM. **René Castro** et **J. M. Pheline**, présentée par M. Albert Portevin.

On sait que les méthodes de dosage de l'oxygène dans les métaux ferreux, et en particulier dans les aciers ordinaires ou spéciaux, peuvent se ramener, dans la plupart des cas, à une méthode de séparation et de dosage de l'alumine.

On peut en effet fixer tout l'oxygène présent dans l'acier liquide ou solide par l'action de l'aluminium introduit par simple addition dans le premier cas ou par cémentation gazeuse dans le second ([2]), ([3]).

L'alumine ainsi formée doit être alors séparée du métal qui la contient par une méthode chimique appropriée (attaque aux acides ou aux halogènes) qui la laisse subsister dans un *résidu* inattaqué où elle doit être quantitativement dosée. Le *résidu* est de quelques milligrammes ou fraction de milligramme.

Le problème posé par ce dosage, relativement aisé à résoudre quand il s'agit d'aciers ordinaires, devient difficile quand l'acier contient des teneurs plus ou moins élevées en éléments spéciaux, éléments dont la présence a souvent pour conséquence l'existence de constituants de structure (carbures, nitrures etc.) chimiquement peu actifs et qui sont isolés en même temps que l'alumine dans le résidu.

Les méthodes de dosage semi-microchimiques de l'alumine, alors utilisées deviennent plus complexes, plus longues, et peuvent comporter des causes d'erreur très importantes dues à l'interférence des autres combinaisons métalliques accompagnant l'alumine. Il en est ainsi des méthodes gravimétriques (emploi de l'orthooxyquinoléine) ou absorptiométriques (emploi de l'aluminon).

L'analyse spectrale d'émission, appliquée aux résidus, fournit une méthode rapide et sûre de dosage quantitatif de petites quantités d'alumine.

Cette méthode consiste à mettre le résidu en solution après traitement igné avec un fondant (bisulfate d'ammoniaque), d'y ajouter des quantités connues de sulfate de cobalt servant d'étalon interne et d'exciter par l'étincelle le spectre de quelques gouttes de ce mélange amenées à siccité sur un support en cuivre métallique. La comparaison des intensités relatives des raies de l'aluminium et du cobalt avec celles obtenues sur des spectres de solutions synthétiques permet le dosage quantitatif de l'alumine.

([1]) Séance du 29 septembre 1947.

([2]) T. Swinden et W. Stevenson, *Journ. Ir. and St. Inst.*, **2**, 1943, pp. 397 P-407 P.

([3]) A. Gotta, *Arch. Eisenhüttenwes.*, **17**, 1943-44, pp. 53-55, n^{os} 3-4.

Les couples de raies de l'aluminium et du cobalt utilisées ont été, suivant les teneurs :

Al = 3961,527	Al = 3944,032	Al = 3961,527
Co = 3935,970	Co = 3935,970	Co = 3895,081

avec un spectrographe à optique de verre, d'une dispersion de 8 à 10 U Å/mm. dans la région considérée.

La technique classique de dépôt des solutions à analyser, sur électrodes de graphite pur s'est révélée peu précise. D'une part, il a été observé que la porosité du graphite, qualité difficile à reproduire, influait beaucoup sur la constance des rapports d'intensité spectraux. D'autre part, ce même support conduit à des volatilisations non simultanées du cobalt et de l'aluminium et rend délicat le choix et le contrôle de l'instant de l'enregistrement du spectre. Ces inconvénients existent aussi bien quand on utilise l'arc que l'étincelle pour l'excitation des spectres.

L'emploi d'électrodes cylindriques de cuivre (6^{mm}) a permis d'obtenir de bons résultats. Les solutions sont déposées sur l'électrode inférieure au moyen de boucles de platine calibrées, entraînant par capillarité un poids très constant de solution. L'électrode, chauffée à 120°, dessèche immédiatement ces gouttes.

L'excitation du spectre s'effectue par l'étincelle de décharge libre d'un condensateur de faible capacité (750 à 3000 u. e. s. c. g. s.) chargé sous 12000 V. efficaces par un transformateur, et non combiné à une self.

L'emploi d'étincelles dites *commandées* n'est pas recommandable en raison de l'effet mécanique violent de l'étincelle sur le dépôt à exciter.

L'étude de l'émission spectrale en fonction du temps montre l'absence de volatilisation sélective de Al et de Co et la variation parallèle des intensités absolues d'émission des raies de ces deux éléments.

A titre d'exemple, le tableau I indique les résultats obtenus par la méthode

Repère de coulée.	Nature du métal.	Teneur en oxygène %. Oxyquinoléine.	Spectrographie.	Fusion sous vide.
318	*a.* Acier extra-doux, C = 0,09 %	0,053-0,057	0,055	–
	b. » autre prélèvement	0,037-0,039	0,040	–
	c. » après carburation (C = 1 %) et addition de chrome (Cr = 1 %).	$0,008_5$-$0,006_3$	0,008	–
361	*a.* Acier extra-doux, C = 0,040 %	0,058-0,063	0,057	–
	b. » autre prélèvement	0,057-0,063	0,066	–
341	Acier mi-doux au chrome { C = 0,135 % ..... Cr = 12 % .... }	$0,017_6$	0,018	–
273	*a.* Acier extra-doux, C = 0,040 %	0,061	0,040-0,048	0,056
	b. » après carburation (C = 1 %) et addition de 12 % Cr	0,031	0,019	0,019

Remarques. — Coulée 273 : *a*, échantillon souffleux et hétérogène; *b*, la méthode chimique de séparation par l'oxyquinoléine donne un précipité contaminé par le chrome.

spectrochimique comparativement avec la méthode semi-microchimique à l'oxyquinoléine et, dans deux cas particuliers, avec la méthode par fusion dans le vide.

L'erreur quadratique moyenne déterminée statistiquement sur plusieurs spectres est de l'ordre de 2 à 3,5 % suivant la teneur, ce qui représente une précision très largement suffisante étant donnée la nature du problème à résoudre.

Cette méthode allie donc les qualités de précision et de sûreté des analyses spectrochimiques à une grande rapidité comparativement aux méthodes chimiques ou semi-microchimiques jusque-là utilisées pour ce dosage.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action de la formamide et de la méthylformamide sur les aldéhydes*. Note de M. **Maurice Métayer** et de Mme **Georgette de Bièvre-Gallin**, présentée par M. Marcel Delépine.

L'un d'entre nous a récemment publié [1] une Note relative à l'action de la méthylformamide sur quelques cétones.

On sait que la réaction de Leuckart Wallach peut être schématisée par l'équation suivante :

$$R.CO.R' + 2CH_3NH.CHO \rightarrow R.CH\left(N{<}{CH_3 \atop CHO}\right)R' + CO_2 + NH_2CH_3.$$

Il y a donc dégagement d'une molécule de CO_2 pour une de cétone mise en œuvre, ce qui a permis aux auteurs de fonder une méthode pour doser les cétones.

Nous avons essayé d'étendre la réaction aux aldéhydes en opérant avec l'appareil précédemment décrit [1]. On chauffe au bain d'huile à 160-175°; l'expérience exige de 2 heures et demie à 3 heures. Le pourcentage de gaz carbonique dégagé permet de doser la quantité d'aldéhyde ayant réagi. C'est ainsi que nous avons obtenu pour les aldéhydes de la série grasse les rendements suivants : trichloroéthanal (chloral) 58 %, chloral butylique 66 %, aldéhyde crotonique 44 %, butyloctenal 77 %.

En série cyclique, les rendements sont bien meilleurs : al. benzoïque, 77 %; al. anisique, 88 %; al. paraméthylbenzoïque, 86 %; al. cuminique, 79 %; al. salicylique, 75 %; al. hydratropique, 74 %; al. cinnamique, 50 %; al. éthylcinnamique, 95 %; al. amylcinnamique, 97 %; pipéronal, 92 %; vanniline, 92 %; furfural, 81 %.

Ces pourcentages, bien supérieurs à ceux de la série acyclique, sont à rapprocher de ceux qui sont obtenus avec les cétones; en effet, les cétones acycliques donnent des pourcentages de CO^2 dégagé, inférieurs à 50 %, tandis

---

(1) P. Mastagli et Mme Georgette de Bièvre-Gallin, *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 1290.

que les cétones aromatiques donnent des pourcentages toujours supérieurs à 75 %. La même anomalie se retrouve ici; nous pouvons l'expliquer par le faible point d'ébullition des cétones et aldéhydes de la série grasse employées, une partie de ces dernières pouvant se volatiliser avant d'entrer en réaction. Nous avons voulu étudier les produits se formant au cours de l'action de la formamide sur les aldéhydes. On sait que Leuckart et ses élèves (²) ont trouvé que cette réaction était anormale.

Nous avons fait agir sur 100^g d'aldéhyde anisique (1^{mol}), 264^g de formamide (8^{mol}). Nous avons chauffé au bain-marie à 110°; la réaction se déclenche violemment et est achevée en 5 heures. On chasse la formamide en excès. Le produit restant est solide et ne distille pas, même sous un vide poussé où il se décompose. Ce produit solide se forme avec un rendement de 63 %. On le cristallise plusieurs fois dans l'alcool. Son point de fusion se fixe à 175°. Pour essayer d'éclaircir sa constitution, nous avons hydrogéné 42^g du dérivé cristallisé dans 300^{cm^3} de dioxane, en présence de 11^g de nickel Raney sous une pression initiale de 42^{kg} à une température moyenne de 180-190°. Après avoir chassé le dioxane, lavé à l'acide chlorhydrique, nous avons séparé deux parties importantes qui, après plusieurs distillations nous ont donné : (I) $É_{760}$ 100°; n_D^{24} 1,4220; c'est du méthylcyclohexane; (II) $É_{20}$ 73°; n_D^{19} 1,5068. L'analyse de ce corps donne comme formule $C_8H_{10}O$. Le dosage du méthoxyle est particulièrement difficile et le laboratoire de microanalyse de l'U. C. L. A. F. n'a pu l'effectuer qu'en tube scellé à 120° par IH concentré en présence de phosphore rouge. Il se forme de l'hydrogène phosphoré qui s'enflamme à l'ouverture de l'ampoule, le dosage donne en OCH_3 (22,2 %, 18,9 %). La formule $CH_3O(4)C_6H_4CH_3$ exigerait (27,7 %). Cette déficience des résultats est identique à celle trouvée par certains auteurs au cours du dosage des groupes méthoxyles d'un certain nombre d'éthers-oxydes de phénol, à chaîne hydrocarbonée en *para*. Les constantes et l'analyse nous permettent donc de conclure à l'éther méthylique du paracrésol. Du reste, l'hydrogénation de ce dernier donne par déméthoxylation, comme l'a si souvent observé le chanoine L. Palfray, du méthylcyclohexane.

La formule globale donnée par l'analyse est $C_{24}H_{27}O_3N$; c'est celle de la tri-méthoxybenzylamine $(CH_3O.C_6H_4.CH_2)_3N$. — Analyse trouvé % : C, 76,25; H, 7,6; N, 3,85 au lieu de C, 76,4; H, 7,4; N, 3,84.

Les produits d'hydrogénation ne donnant qu'uniquement du méthylcyclohexane et de l'éther méthylique du paracrésol, seule cette formule peut convenir. Ainsi l'action de la formamide sur l'aldéhyde anisique se résume en une action semblable à celle de l'ammoniaque sur les aldéhydes.

L'action de la formamide sur l'œnanthol est assez complexe car il se forme de nombreux produits de condensation dont certains ne sont pas du tout

(²) B. **18**, 1885, p. 2341, B. **19**, 1886, p, 2128, B. **22**, 1889, p. 1409, B. **22**, 1889, p. 1851.

aminés et semblent provenir de la condensation de deux molécules d'œnanthol l'une sur l'autre. Nous avons étudié cette fraction qui représente environ la moitié du produit obtenu par l'action de la formamide. Elle a pour constantes : $É_{16}$ 146°; $n_D^{25,5}$ 1,4565; D_4^{24} 0,875. R_{MD} pour œnanthylidène-œnanthol $C_{14}H_{26}O$: calculé 66,4; trouvé 65,42.

40^g de ce produit mis en solution dans 150$^{cm^3}$ d'alcool absolu avec 10^g de nickel Raney sont hydrogénés sous 40 atmosphères à 210°. On note une chute de pression de 10 kg/cm². La portion de cœur redistillée possède les constantes suivantes : $É_{18}$ 160°; D_4^{24} 0,8352; n_D^{24} 1,4460. Indice d'oxime nul. R_M pour pentyl-2 nonanol $C_{14}H_{30}O$: calculé 68,38; trouvé 68,32. Analyse, trouvé % : C 77,8; H 14,30 au lieu de C 78,4; H 14,30 calculés.

Ce corps possède toutes les constantes de l'alcool pentyl-2 nonanol déjà décrit par P. Mastagli (³) et obtenu par condensation de l'œnanthol sur lui-même au moyen de la potasse benzylique. On peut donc conclure que la formamide exerce sur l'oenanthol deux actions, elle provoque sa condensation et aussi la formation de composés aminés de haut poids moléculaire.

Ainsi l'action de la formamide sur les aldéhydes est très complexe et très différente suivant le type d'aldéhyde mis en œuvre.

CHIMIE ORGANIQUE — *Sur l'isomérie syn-anti des oximes de l'aldéhyde crotonique.* Note de M. **Marcel Gouge**, présentée par M. Marcel Delépine.

La question de l'existence de l'isomérie syn-anti chez les oximes aliphatiques est assez contreversée (¹) (²) (³).

Ayant constaté que le pentène-3 al-1, ainsi que le pentène-2 al-1, conduisent, sous l'action de l'hydroxylamine, à une oxime solide baignée d'une quantité importante de produit liquide, j'ai repris en grand la réaction avec l'aldéhyde crotonique bien plus accessible.

En agitant une solution aqueuse d'hydroxylamine (libérée de son chlorhydrate par un petit excès de carbonate acide de potassium) avec la quantité correspondante d'aldéhyde crotonique pur, on observe la disparition rapide de l'odeur caractéristique de l'aldéhyde. Simultanément apparaissent des cristaux baignés d'un liquide huileux à peu près incolore (²).

Par filtration on sépare la phase solide des deux phases liquides. La recristallisation de la première donne rapidement l'oxime souvent décrite de l'aldéhyde crotonique (F 121°). Cette oxime se sublime indécomposée à 70° sous 20^{mm}. La sublimation conduit à des cristaux parfaitement purs.

(³) Thèse de doctorat, Paris, 1938, p. 50.

(¹) W. Dollfuss, *Ber. d. Chem. Gesell.*, 25, 1892, pp. 1920-1921.

(²) T. Schlinder, *Monat. für Chem.*, 12, 1891, p. 410.

(³) W. R. Dunstan et T. S. Dymond, *J. Chem. Soc.*, 61, 1892, p. 473; 65, 1894, p. 209.

La partie organique de la phase liquide, qui constitue la partie la plus importante du produit formé, séparée, séchée, est distillée sous pression réduite à l'aide d'une puissante colonne crismer (50^{cm}).

On recueille tout ce qui passe avant l'apparition de cristaux dans la partie condensée. Le distillat obtenu, parfaitement limpide et incolore, est redistillé plusieurs fois en éliminant le quart le moins volatil. L'ébullition de la partie finalement séparée se fait à la température bien constante de 43° sous 7^{mm} de mercure.

Refroidi dans un bon mélange réfrigérant, le distillat, après un certain temps de surfusion, se prend en masse et refond presque à point fixe entre 2°,5 et 3°.

A la température de 5°, le liquide dissout extrêmement peu d'oxime solide 1 % environ.

Tout se passe donc comme si l'oxime brute de l'aldéhyde crotonique était un mélange du corps fondant à 121° et d'un autre corps fondant aux environs de 3°, les deux constituants donnant un diagramme à eutectique simple très dissymétrique.

La partie fondant entre 2°,5 et 3° serait un mélange du constituant fondant vers 3° et de l'eutectique des deux corps. Mais l'analyse thermique montre que ce mélange est certainement très pauvre en oxime fondant à 121°, l'eutectique fondant aux environs de 2°.

J'ai pensé être en présence des deux formes de l'oxime. En effet :

1° Les deux corps ont des points d'ébullition assez voisins, la forme à bas point de fusion étant la plus volatile;

2° Avec le temps, la forme fondant bas se transforme en oxime solide ([1]). Toutefois la transformation qui paraît irréversible s'accompagne d'une légère résinification qui ne lui permet pas d'être tout à fait quantitative. Il est vrai que l'oxime fondant à 121° se résinifie elle-même lentement;

3° L'analyse montre que les deux corps sont isomères et répondent à la formule C_4H_7ON;

4° L'hydrogénation au moyen de l'amalgame d'aluminium conduit dans les deux cas à la butylamine $CH_3.CH_2.CH_2.CH_2.NH_2$, avec des rendements comparables. Cette amine a été identifiée par l'analyse de son chloroplatinate.

Il semble donc bien qu'il existe deux formes des oximes, même en série aliphatique. Mais dans le cas de l'aldéhyde crotonique le phénomène d'isomérie est encore compliqué par une tendance à la résinification.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'amination du benzhydrol.*

Note de M. **Roger Cantarel**, présentée par M. Louis Hackspill.

L'amination directe du benzhydrol est assez malaisée. Sa déshydratation en présence d'ammoniac, selon la méthode de Sabatier et Mailhe, conduit surtout

([1]) Hector R. Carveth, *The Journ. of Phys. Chem.*, 2, 1898, pp. 159-167.

au tétraphényléthylène (1). La réduction d'une solution ammoniacale de benzophénone d'autre part, selon la méthode de Mignonac (2), ne donne également que des traces de benzhydrylamine, mais fournit, par contre, du benzhydrol, ce qui confirme la stabilité remarquable de cet alcool vis-à-vis de l'ammoniac (3).

On peut penser qu'une inertie semblable doive se manifester vis-à-vis du groupement aminogène et que l'obtention directe de bases secondaires ou tertiaires N-benzhydrylées puisse présenter quelque difficulté.

En fait, les seuls essais signalés de copulation du benzhydrol avec des amines concernent l'aniline et ses dérivés ou d'autres amines aromatiques, et conduisent uniquement à des dérivés C-substitués, en position *para* pour les anilines (4). Dans ces exemples, le groupement azoté ne semble donc pas entrer en réaction avec le benzhydrol.

Il est intéressant d'examiner ce qu'il advient lorsque la position *para* d'une aniline n'est pas libre; la condensation de la base avec le benzhydrol, si elle a lieu, ne peut plus en effet s'effectuer suivant le même processus. Si l'on se réfère aux condensations analogues des alcools avec les carbures benzéniques, ou avec les bases aromatiques en autoclave (5), on pourrait penser à une alcoylation *nucléaire* en position *ortho*. Aucune tentative n'a été faite dans ce sens, à ma connaissance, pour préciser ce point.

J'ai été amené à étudier le comportement du benzhydrol vis-à-vis du *p-amino triphénylméthane*. Il n'y a aucune combinaison par simple chauffage, même en présence d'acide chlorhydrique. Mais l'addition de chlorure de zinc provoque la formation presque quantitative (82 % au bout de 9 heures, à 150°) d'une substance azotée, solide, résultant de la copulation d'une molécule de *p*-amino-triphénylméthane avec deux molécules de benzhydrol. L'analyse montre en outre qu'il s'agit bien d'un dérivé aminé et le réactif de Grignard, utilisé selon la technique de Moureu et Mignonac (6), permet de conclure à une base *tertiaire*. Contrairement à ce que l'on pouvait attendre, c'est donc un dérivé N-*alcoylé* qui se forme dans ces conditions

$$(C_6H_5)_2>CH-C_6H_4-N\left\langle\begin{array}{l}H\\H\end{array}\right. + \begin{array}{l}HO-CH<(C_6H_5)_2\\HO-CH<(C_6H_5)_2\end{array}$$
$$\rightarrow (C_6H_5)_2>CH-C_6H_4-N\left\langle\begin{array}{l}CH<(C_6H_5)_2\\CH<(C_6H_5)_2\end{array}\right. + 2\,H_2O.$$

(1) *Comptes rendus*, **153**, 1911, p. 1204.

(2) *Comptes rendus*, **172**, 1921, p. 223.

(3) R. Cantarel, *Comptes rendus*, **210**, 1940, p. 404.

(4) O. Fischer et Roser, *Ann. der Chemie*, **206**, 1881, p. 155; Brev. all. **27032** de la Badische Anilin und Soda Fabrik, *Ber dtsch. chem. Ges.*, **17**, 1884, p. 244; O. Fischer et A. Fränkel, *Ann. der Chemie*, **241**, 1887, p. 362; O. Fischer et G. Fischer, *Ber. dtsch. chem. Ges.*, **24**, 1891, p. 728.

(5) R. W. Cripps et D. H. Hey, *J. Chem. Soc.*, 1943, p. 14.

(6) *Comptes rendus*, **158**, 1914, p. 1624.

Analyses (semi-micro).

	C %.	H %.	N %.	M (selon Rast).
Trouvé...........	90,7-90,9	6,41-6,28	2,34-2,39	596
Calculé..........	91,37	6,26	2,37	591

Ce nouveau composé, le N-*dibenzhydryl p-aminotriphénylméthane*, est soluble dans le benzène, la ligroïne, l'acide acétique; il est peu soluble dans l'alcool et l'éther. Il cristallise dans l'alcool en fines aiguilles blanches. F (*corr.*) 177°,5. Il est à peu près inerte au point de vue chimique. On peut toutefois obtenir son chlorhydrate, stable uniquement en milieu anhydre, sous forme d'un corps solide jaune qui se dissocie lentement en ses éléments au-dessus de 100° et fond en se décomposant instantanément à 161°.

Dosage de chlore : trouvé, Cl % 5,4; calculé, Cl % 5,6.

Cette base tertiaire ne donne pas de *picrate*. Soluble dans l'iodure de méthyle, elle ne conduit pas davantage à un *iodométhylate*. Cela n'est d'ailleurs pas surprenant puisqu'il s'agit d'une dibenzhydrylamine N-substituée et que cette dernière base secondaire à l'état libre ne fixe pas l'iodure de méthyle (7), pas plus que la N-benzhydryl diphénylcétimine (8). Le N-dibenzhydryl *p*-aminotriphénylméthane, très stable, s'oxyde cependant en un corps jaune très soluble dans l'éther, fondant vers 105°.

Cette copulation a pu être reproduite par addition de bisulfate de potassium, mais elle n'a pas lieu en présence d'acide sulfurique, ni d'anhydride phosphorique, ni d'alumine, tout au moins au-dessous de 200°.

Il est curieux de constater que l'amination du benzhydrol est plus aisée (température peu élevée, vase ouvert) avec une aniline *p*-substituée qu'avec l'ammoniac. On obtient ainsi une *p*-aniline dibenzhydrylée sur l'azote, mais il est vraisemblable qu'il serait possible d'obtenir le dérivé monobenzhydrylé en modifiant les conditions de la condensation.

MINÉRALOGIE. — *Sur l'origine des microdiorites augitiques et quartzifères incluses dans le Briovérien de la Vendée et de la Gâtine.* Note (1) de M. Gilbert Mathieu.

La question de l'origine des microdiorites de Vendée (porphyrite augitique quartzifère de F. Wallerant) a souvent retenu mon attention, lors de la révision des contours des feuilles au 1/80000e de La Roche-sur-Yon et de Niort, et aussi lors de l'établissement de la carte géologique au 1/320000e de Nantes. On peut se demander, d'après l'aspect de 1re édition de la feuille de La Roche,

(7) Friedel et Bolsohn, *Bull. Soc. Ch.*, 33, 1880, p. 587.

(8) R. Cantarel, *Dipl. études sup.*, Toulouse, 1935, p. 38,

(1) Séance du 16 juin 1947.

due à Wallerant [2], si la microdiorite de Saint-Prouant représente une masse intrusive post-briovérienne, par exemple silurienne, ou des épanchements dans le Briovérien ancien. J'ai changé notablement la forme des massifs de Saint-Prouant et des Lombardières, beaucoup plus allongés suivant la direction sud-armoricaine et j'ai découvert une nouvelle amande à Breuil-Barret. Ces microdiorites sont encadrées par les bandes de phtanite à *Radiolaires écrasés* et comprises entre les deux longs synclinaux siluriens de la Châtaigneraie et de Saint-Pierre-du-Chemin, ce qui évoque l'idée d'émission volcanique ancienne dans le Briovérien.

La coupe de la tranchée de la voie ferrée entre La Meilleraie et Chavagnes-les-Redoux ne nous apprend rien de particulier : ni tufs, ni cinérites, ni bombes qui prouveraient, sans contestation qu'il s'agit d'une lave basique d'âge briovérien. D'autre part, il n'y a pas trace de métamorphisme dans les séries de plaques minces faites sur les contacts avec le Briovérien à Chavagnes, ce qui aurait démontré l'existence d'une masse intrusive post-briovérienne.

La roche peut être décrite succinctement : feldspaths calcosodiques allant de l'oligoclase à l'andésine, augite altérée, épidote, zoïzite, saussurite, chlorite, calcite et quartz secondaire. Même dans le fond des grandes exploitations, la roche, pourtant très dure, montre des cristaux d'augite absolument pourris; quant aux feldspaths, ils n'offrent plus que des ombres de macle. Cette altération des feldspaths calcosodiques libère du carbonate de chaux qui cristallise en calcite dans les diaclases de la carrière de la Meilleraie-Tillay. La texture est variable depuis microgrenue jusqu'à ophitique dans le même massif.

En ce qui concerne la feuille de Niort, dont la première édition ne portait pas de microdiorite, j'ai indiqué sur la deuxième édition deux petites amandes : 1° à Fenioux, au lieudit *La Limouzinière*, au sud des rhyolites dynamométamorphiques; 2° à Mazière-en-Gâtine, le long de la tranchée de la voie ferrée au sud-est de cette localité.

Le gîte de Mazières-en-Gâtine permet de trancher un point important de la géologie vendéenne. Le caractère éruptif [3] de la roche verte très dure de la tranchée du chemin de fer au lieu dit « Ouge » est prouvé par les longues baguettes de plagioclases enchevêtrées au milieu de restes de grains de pyroxène et d'épidote, avec calcite secondaire. Au sud-ouest du bourg, tout en remarquant des roches jaunâtres assez dures en affleurement et d'aspect porphyrique, je n'avais pas jugé utile, à la suite de mes excursions, de porter, en ce point, la microdiorite sur la 2e édition de Niort. Or, depuis cette époque (1930-1940), deux grandes carrières, que m'a signalées M. Gisbert, ingénieur des Ponts et

---

(2) *Carte géologique au* 1/80 000e *de La Roche-sur-Yon*, n° **130**, 1re édition parue en 1892.

(3) G. Mathieu, *Révision de la feuille de Niort* (*Bull. Carte Géol. France*, n° **211**, **43**, p. 94).

Chaussées (lors de ma venue à Parthenay en août 1946), se sont installées au lieudit le « Le Château », le long de la route de Saint-Marc-la-Lande, et exploitent une roche verte, massive, très dure, non stratifiée, coupée de diaclases avec enduit de serpentine. Cette roche, nommée par les exploitants *porphyrite de Mazières-en-Gâtine*, n'est pas franchement éruptive, et d'ailleurs l'examen à la loupe n'y montre pas de phénocristaux. En lame mince, elle apparaît plutôt comme un tuf avec plagioclases (oligoclase-andésine) altérés ou pourris, épidote en granule ou bien en masse mélangée de zoïzite ; quartz en gros grains effilochés et olivine accessoire, dans un ciment manifestement détritique et sédimenté de séricite, quartz et chlorite.

Il y a trace de remaniement et la roche se place entre une cinérite et un tuf porphyrique. Il n'y a donc pas lieu d'élargir l'amande de microdiorite éruptive portée sur la 2e édition de Niort.

Je dois toujours à l'obligeance de M. Gisbert d'avoir pu visiter dans les tranchées de rectification de la route de Parthenay à Niort, au sud de Mazières-en-Gâtine, au lieudit *Les Roulières*, deux masses d'un tuf porphyritique semblable à celui des grandes carrières et qui se terminent au Nord à Niorteau sous une poche de sables rouges sidérolithiques. Or entre les deux masses de tuf porphyritique s'intercale une sorte d'arkose jaune rougeâtre, avec lits blancs. Cette dernière roche est bourrée de feldspaths calcosodiques, détritiques, avec quelques grains d'olivine et des quartz anguleux, au milieu d'une pâte schistoïde, formée de quartz, séricite et limonite. C'est là encore un produit d'altération des tufs et par conséquent de la microdiorite. Nous avons donc autour de Mazières-en-Gâtine une gamme de roches allant depuis la microdiorite augitique éruptive jusqu'à l'arkose grossière à olivine détritique.

Nous conclurons que les microdiorites de Vendée sont d'anciennes émissions de laves basiques contemporaines du Briovérien.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Application de la méthode de dissolution sélective au fractionnement des principes immédiats de la graisse de Karité.* Note de M. **Émile André** et Mlle **Jacqueline Pradain**, présentée par M. Marcel Delépine.

Dans une Note présentée antérieurement (1), nous avons signalé qu'on peut, en épuisant systématiquement au moyen de l'alcool une prise d'essai assez importante de graisse de Karité, la scinder en un certain nombre de fractions de moins en moins solubles dans ce véhicule. La graisse de Karité est caractérisée par la présence d'une proportion appréciable (entre 5 et 10 %, parfois plus) d'un latex guttoïde provenant des cellules lacticifères qui existent dans

(1) *Comptes rendus*, **224**, 1947, pp. 1445-1447.

les cotylédons de la graine. Ce latex est constitué : 1° par des esters cinnamiques d'alcools résineux; 2° par un carbure d'hydrogène terpénique polymérisé de la famille du caoutchouc, le karitène ou illipène. Nous avons montré que les esters d'alcools résineux, beaucoup plus solubles dans l'alcool que le karitène, sont entraînés dans les fractions de la graisse qui se dissolvent en premier lieu dans l'alcool tandis que le karitène s'accumule dans le résidu qui résiste à l'action du dissolvant. Ces premiers résultats nous ont incités à poursuivre nos recherches.

Les esters d'alcools résineux sont doués de l'activité optique; il s'ensuit que la graisse de Karité possède le pouvoir rotatoire; nous avons pensé que l'examen polarimétrique de la graisse elle-même et des fractions en lesquelles on peut la scinder, pourrait nous fournir d'utiles renseignements. Par ailleurs, nous avons profité de cette circonstance pour faire, sur les matériaux dont nous disposions d'autres déterminations tant physiques que chimiques.

	Poids (g).	Matières insaponifiables (%).	Déviations polarimétriques, tube de 10cm $\rho_D^{60°}$.	Indices de réfraction $n_D^{60°}$.	Indices d'iode (Wijs).	Densités à 60° $D_{4°}^{60°}$.	Viscosités à 60° exprimées en centipoises.
Graisse de Karité mise en œuvre	500	5,70	+2°.34'	1,4580	54	0,903	35,57
Fraction A	77	7,62	+3.24	1,4880	52	0,919	34,42
» B	78	7,15	+3. 0	1,4580	52	0,919	29,88
» C	55	6,05	+3. 2	1,4580	52	0,913	29,33
» D	94	4,17	+2. 6	1,4560	53	0,898	27,58
» E	54	4,17	+2. 4	1,4560	52	0,901	27,57
» F	56	4,18	+1.46	1,4560	52	0,894	27,74
Résidu Z	70	7,25	+1.32	1,4630	84	0,907	75,37
	484						
Pertes et déchets	16						

Les données numériques qui figurent dans le tableau ci-dessus permettent de faire un certain nombre de remarques dont on peut tirer quelques conclusions.

Conformément à ce que nous avions prévu, les matières résineuses possédant le pouvoir rotatoire sont entraînées plus rapidement par l'alcool que le carbure guttoïde, le Karitène. Ce carbure est dépourvu d'activité optique. Comme le résidu Z donne encore une déviation qui représente les 9/20 de celle de la fraction A, il faut conclure que l'entraînement des matières résineuses n'est pas complet et qu'une partie d'entre elles résiste à l'action du dissolvant.

Le karitène a pour formule $C_{32}H_{56}$ et possède cinq liaisons éthyléniques. Son accumulation dans le résidu Z est confirmée par l'accroissement de la valeur de cette donnée chimique. Nous avons constaté avec une certaine surprise que l'élévation enregistrée pour le résidu Z n'est pas compensée par un

abaissement correspondant dans les autres fractions. Chez celles-ci en effet l'indice d'iode garde la valeur à peu près constante de 52-53 alors que la graisse initiale a pour indice d'iode 54.

Par un calcul simple, on peut établir que le pouvoir additif vis-à-vis des halogènes (chlorure d'iode) de la somme des fractions dépasse de 5,3 % celui de la quantité de matière initialement mise en œuvre. Nous avons vainement tenté de trouver une explication à cette particularité. Nous avons recommencé la détermination du degré d'insaturation, en utilisant la méthode de l'indice de brome exprimée en iode établie par Winkler en 1922 ([2]) et dite *méthode au bromure-bromate*; elle passe pour donner, dans divers cas, une mesure plus exacte. Les résultats obtenus ne diffèrent pas sensiblement de ceux qu'avait donnés la méthode au chlorure d'iode.

Les chiffres qui figurent dans les colonnes *matières insaponifiables* et *déviations polarimétriques* montrent qu'il existe dans la graisse de Karité deux catégories d'esters de résinols. Les esters de la première catégorie sont plus solubles dans l'alcool et semblent doués d'une activité optique plus grande; au contraire ceux de la deuxième catégorie sont entraînés plus lentement. C'est ainsi que les fractions D, E, F qui contiennent une quantité sensiblement constante de matières insaponifiables, ont une activité optique décroissante.

La détermination de la viscosité enfin, montre que le facteur qui provoque l'accroissement de cette propriété physique est le karitène. Ce carbure d'hydrogène s'accumule dans le résidu Z qui possède une viscosité très élevée. Remarquons cependant qu'il existe un autre produit visqueux qui, lui, est soluble dans l'alcool; il passe en dissolution dans la fraction A et lui communique une viscosité supérieure à celle des fractions B, C, D, E, F.

EMBRYOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Destinée du canal de Wolff après ablation précoce du pronephros chez les larves d'Amphibiens anoures.* Note ([1]) de M. **Roger Cambar**, présentée par M. Maurice Caullery.

Après de nombreuses ablations unilatérales du pronéphros, chez des embryons et larves d'Amphibiens anoures, nous avons étudié le retentissement de l'opération sur les divers constituants de l'appareil excréteur : pronéphros restant, ainsi que canaux de Wolff et mésonéphros, du côté opéré principalement.

En ce qui concerne le canal de Wolff, nous avons constaté qu'il subissait, quelques jours après l'opération, des troubles d'atrophie et de désorganisation, variables suivant les niveaux. L'exposé des faits, des hypothèses qu'ils suggèrent et des conclusions qu'ils autorisent fait l'objet de la présente Note.

([2]) *Zeitschrift für Untersuchung d. Nahr. u. Genussm.*, 43, 1922, p. 201.

([1]) Séance du 6 octobre 1947.

La pronéphrectomie unilatérale est pratiquée, à l'éclosion, sur des larves de Grenouille agile (*Rana dalmatina* Bon.). Un à deux jours après l'ablation, le canal de Wolff situé du côté opposé augmente de calibre (sans hyperplasie); sa lumière est fortement élargie. Cet aspect, conséquence d'un hyperfonctionnement compensateur du pronéphros restant, persiste pendant la majeure partie de la vie larvaire. Par contre, du côté privé de pronéphros, le canal de Wolff subit déjà un début d'atrophie dans sa partie antérieure. Au troisième jour ce fait est très marqué et se manifeste par l'absence de lumière et par une disposition désordonnée des cellules du conduit. Cette désorganisation s'atténue progressivement vers l'arrière, pour disparaître vers le milieu du canal. A l'exception d'un léger rétrécissement du calibre et de la lumière du tube, la moitié postérieure conserve un aspect normal.

Ces troubles s'accentuent chez des têtards plus âgés. Ainsi, 15 jours après l'ablation, la partie antérieure du conduit a complètement disparu. Le seul vestige de sa présence consiste, parfois, en 4 ou 5 cellules accolées, disposées sans ordre. En direction caudale, on note de proche en proche une atténuation des désordres : disposition cellulaire devenant moins atypique, transformation graduelle en un cordon cellulaire compact avec organisation tubulaire, réapparition progressive de la lumière, enfin aspect final à peu près normal (un léger rétrécissement de la lumière excepté). *Fait remarquable :* la portion du canal de Wolff située au niveau des blastèmes ou des unités mésonéphrétiques conserve son aspect typique. Elle ne présente jamais de phénomènes de désordre ou de dispersion cellulaires. En face des zones mésonéphrogènes les altérations sont au plus marquées par un rétrécissement notable de la lumière.

Il serait donc inexact de penser que, par suite de leur lente progression vers l'arrière, les altérations post-opératoires n'ont pas atteint la partie postérieure du canal de Wolff au moment où apparaissent les premiers blastèmes mésonéphrétiques. En effet, les désordres progressent nettement jusqu'au niveau de ces derniers, mais sans les dépasser. De plus, lorsque s'édifieront ultérieurement les unités mésonéphrétiques tardives, — en position antérieure par rapport aux unités primitives et, de ce fait, situées au niveau de la partie légèrement altérée du canal de Wolff, — ce conduit reprendra son aspect normal en face des unités excrétrices tardives, préalablement à leur capacité fonctionnelle.

Ces faits appellent des conclusions de deux ordres.

a. L'intégrité de la forme tubulaire du canal de Wolff antérieur, la destinée même de ces cellules semblent être, pour une grande part, sous la dépendance du pronéphros contigu. L'action du pronéphros s'exerce, avec le maximum d'intensité, sur la portion proximale du canal et s'affaiblit de proche en proche en direction caudale, ainsi qu'en témoigne l'atténuation progressive, dans la même direction, des troubles consécutifs à la pronéphrectomie. Notons que la disparition des cellules du canal de Wolff ne nous paraît pas due à leur

dégénérescence *in situ* (absence de débris cellulaires, de noyaux pycnotiques) mais à leur dispersion dans le tissu mésodermique environnant. On peut ainsi différencier les facteurs qui assurent la permanence de la structure morphologique du canal de Wolff dans sa partie antérieure (présence fonctionnelle du pronéphros en particulier), de ceux qui régissent sa morphogénèse (bourgeonnement indépendant de la partie postérieure du blastème néphrogène antérieur).

b. La persistance post-opératoire du canal de Wolff, dans un état normal, au niveau des zones mésonéphrétiques, montre l'existence d'une influence réciproque entre ce conduit et le mésonéphros : soit, d'une part, l'importance du voisinage d'un tissu de potentiel mésonéphrogène pour le maintien de l'état fonctionnel du canal de Wolff; d'autre part, et surtout, elle suggère la possibilité d'un rôle morphogénétique du canal de Wolff sur le mésonéphros.

ENTOMOLOGIE. — *Contribution à l'étude du thorax des Collemboles.* Note de M^lle **Madeleine Janin**, présentée par M. Louis Fage.

On admet généralement, sans que la chose ait d'ailleurs été sérieusement vérifiée, que le premier tergite thoracique des Collemboles Entomobryomorphes est le mésonotum, le pronotum étant réduit et membraneux. Dans une Note récente, Carpentier [1] écrit : « il n'est pas vrai que le pronotum manque... il est simplement non distinct du mésonotum, l'emplacement des attaches supérieures de certains muscles des pattes de devant en fait foi ». Nous avons entrepris de vérifier s'il en est bien ainsi. L'étude des coupes sériées du thorax de *Tomocerus vulgaris* nous a permis d'établir les faits suivants.

Deux formations endosquelettiques dénotent effectivement deux segments dans la région comprise entre tête et métathorax. Ces formations sont intersegmentaires; les ventrales ne peuvent se comparer à des furca, mais plutôt à des spina. Plus exactement, ces formations ventrales de *Tomocerus* et les spina des Ptérygotes tirent leur origine d'endophragmes intersegmentaires.

L'étude de la musculature confirme pleinement l'existence de deux segments, dans la région en question. Les muscles sont nombreux. Alors que Maki [2] sur *Folsomia* signale 16 muscles au prothorax, et 30 au mésothorax, nous en trouvons 27 prothoraciques, 31 mésothoraciques et 2 intersegmentaux; 12 muscles seulement de Maki ont pu être homologués. Cela peut tenir au fait que les deux types étudiés appartiennent à deux familles différentes, mais cela tient surtout à ce que Maki n'a opéré que par dissection. Il est

(1) *Bull. Soc. nat. belg.*, 1946, n^os 7-8, pp. 1-4.

(2) *Mém. Fac. Sci. Agric. Tainoku* (Imp. Univ.), 24, 1938, 343 p.

compréhensible que cette méthode, appliquée à des objets de l'ordre de grandeur du millimètre, ne donne pas de résultats bien certains. Visiblement, Maki n'a pas reconnu les endosquelettes.

La musculature du prothorax est nettement réduite par rapport à celle du mésothorax : les muscles tergo-appendiculaires sont en particulier moins nombreux au prothorax; d'autre part, le nombre des complexes musculaires du prothorax est plus élevé qu'au mésothorax. Les muscles moteurs de la tête atteignent un grand développement.

En conclusion, nous ne pouvons que souscrire à l'opinion de Carpentier : le pronotum, plus exactement, la partie sclérifiée de l'aire pronotale de *Tomocerus*, est soudée au mésonotum. L'aire pronotale antérieure membraneuse, constitue la région collaire; la limite antérieure du segment passe par le trou occipital.

Certaines parties de l'endosquelette prennent pied sur le tégument, et il est certain que plusieurs d'entre elles ont valeur d'invaginations tégumentaires. D'autres, sans rapport direct avec le tégument, ont peut-être même origine, mais il semble bien probable que d'autres encore résultent de la transformation du tissu musculaire. En effet, nous avons souvent observé que certaines fibres musculaires perdaient leur striation, changeaient leurs affinités pour les colorants et prenaient tout à fait l'aspect des formations tendineuses. Nous avons trouvé toutes sortes de stades de cette transformation. Ainsi donc, comme l'ont d'ailleurs soutenu divers auteurs, l'endosquelette de certains insectes comprendrait à la fois des parties d'origine hypodermique et d'autres d'origine musculaire.

Il nous a été aussi donné de vérifier, avec presque toute la certitude désirable, l'existence de deux segments subcoxaux au protopodite des Collemboles. Ces deux segments ont d'ailleurs été reconnus par nombre d'auteurs, et les preuves nouvelles de leur existence que nous fournit l'étude de la musculature rendent la *théorie subcoxale* de plus en plus probable. Il existe, en effet, des muscles tergo-appendiculaires se rendant au coxa et à chacun des deux articles subcoxaux.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur la dégradation bactérienne de la choline et de la colamine*. Note (¹) de MM. **Georges N. Cohen**, **Bention Nisman** et **Marcel Raynaud**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

Alors que de nombreuses études ont été faites sur les désaminations microbiennes des aminoacides, peu de recherches ont été effectuées sur la dégradation

(¹) Séance du 29 septembre 1947.

bactérienne des amino-alcools. Citons Brieger ([2]), Schmidt ([3]), Hasebroek ([4]), Ruckert ([5]), Ackermann et Schütze ([6]), Poller ([7]), Wood et Keeping ([8]) pour la choline. Toutes les études précédentes ayant été effectuées en culture, nous avons repris ce travail par la technique des *resting bacteria* avec des espèces bien définies, la plupart des anciennes expériences ayant été faites à partir de *cultures mixtes* non définies provenant de pancréas putréfiés ou de macérations de foin. Un litre de bouillon viande-foie glucosé, préalablement désaéré dans le cas des anaérobies, est ensemencé avec 20^{cm^3} d'une culture de 18 heures. Après 15 heures, la culture est centrifugée, le culot bactérien lavé deux fois à l'eau physiologique stérile (et désaérée dans le cas des anaérobies) est mis en suspension dans 20^{cm^3} d'eau physiologique stérile. 5^{cm^3} de cette suspension sont mis en contact avec 10^{cm^3} de solution M/10 de chlorhydrate de choline, stérilisée par filtration, et 10^{cm^3} de tampon phosphaté M/15 selon Sörensen à pH 6,9. Pour les anaérobies, les tubes sont étirés et scellés sous vide. Les produits formés sont recherchés après 18 heures d'incubation à 37°.

Parmi les espèces que nous avons étudiées, les suivantes transforment totalement la choline en triméthylamine :

Aérobies : Proteus vulgaris.

Anaérobies stricts ([9]) : 1° *Cl. flabelliferum* Sturges et Reddish; 2° *Cl. saprotoxicum* (Sordelli et Soriano) P.; 3° *Cl. butyricum* (Pasteur), Prazmowski; 4° *Pl. tetanomorphum* (Mac Intosh et Fildes) P.; 5° *Cl. sporogenes* (Metchnikoff) Bergey.

Les espèces anaérobies suivantes n'ont aucune action sur la choline : 1° *Pl. tetani* (Nicolaïef) Fischer; 2° *Inflabilis teras* (Knorr) P.

On perçoit à l'ouverture des tubes l'odeur caractéristique de la triméthylamine. Cette dernière est dosée acidimétriquement par la méthode de Raynaud et Gros ([10]) après entraînement à la vapeur d'eau; on constate ainsi la transformation totale de la choline en triméthylamine. Nous avons également caractérisé la base tertiaire par précipitation à l'aide du réactif de Mayer après

---

([2]) *Ber. klin. Wochenschr.*, 1887, pp. 817-820.

([3]) *Arch. d. Pharmazie*, **252**, 1913, pp. 708-711.

([4]) *Zeits. f. physiol. Chem.*, **12**, 1887, pp. 148-195.

([5]) *Arch, d. Pharmazie*, **246**, 1908, pp. 676-691.

([6]) *Zentralb. f. Physiol.*, **29**, 1910, pp. 210-211; *Arch. f. Hyg.*, **73**, 1910, pp. 145-152.

([7]) *Zeits. f. physiol. Chem.*, **217**, 1933, pp. 79-82.

([8]) *J. Bact.*, **47**, 1944, pp. 309-310.

([9]) La nomenclature est celle adoptée par Prévot dans son *Manuel de classification et de détermination des bactéries anaérobies* (Paris, 1940).

([10]) *Ann. Inst. Past.* (sous presse).

concentration dans le vide à basse température du produit de l'entraînement. Quant au sort de la copule carbonée de la choline, l'entraînement à la vapeur d'eau après acidification par l'acide tartrique sur une partie aliquote de la suspension nous a montré qu'il ne se forme pas d'acides volatils.

De même, l'absence d'acidité volatile constatée après entraînement d'une fraction ayant subi une oxydation par le mélange $SO_4H_2 - Cr_2O_7K_2$ nous a montré, contrairement aux résultats de Poller, l'absence de formation d'alcools volatils dans le milieu soumis à l'action des microorganismes. La présence d'acide oxalique, caractérisé sous forme de sel de Ca, et par la méthode préconisée par Nord et Vitucci [11], dans le milieu ayant subi l'oxydation, nous a, par contre, montré la présence de glycol éthylénique dans les produits de fermentation de la choline par tous les microorganismes ayant donné de la triméthylamine. La dégradation de la base quaternaire doit dès lors être considérée comme hydrolytique et s'écrit ainsi :

$$CH_2OH-CH_2-\underset{\displaystyle OH}{\underset{|}{N}}\equiv(CH_3)_3 + H_2O \rightarrow CH_2OH-CH_2OH + N\equiv(CH_3)_3.$$

Quant à l'aminoéthanol ou colamine, sa dégradation par les microorganismes n'a jamais été observée avant nos constatations. Den Dooren de Jong [12] a seulement montré qu'elle pouvait servir de source carbonée pour la croissance de quelques aérobies sur milieu synthétique. En employant les mêmes techniques, nous avons pu mettre en évidence sa désamination hydrolytique suivant le schéma suivant [13] :

$$CH_2OH-CH_2-NH_2 + H_2O \rightarrow CH_2OH-CH_2OH + NH_3,$$

par les germes suivants, tous anaérobies stricts :

1° *Cl. flabelliferum;* 2° *Cl. histolyticum* Weinberg et Séguin Bergey et *al;* 3° *Cl. acetobutylicum* Mc Coy, Fred, Peterson et Hastings; 4° *Cl. iodophilum* Nanna Svartz; 5° *Cl. butyricum;* 6° *Cl. saccharobutyricum,* Schattenfroh et Grassberger; 7° *Pl. tetani*; 8° *Welchia perfringens* Veillon et Zuber P; 9° *Inflabilis teras.*

Les espèces suivantes ont été sans action sur la colamine : 1. *Cl. sporogenes;* 2. *Cl. saprotoxicum;* 3. *Pl. tetanomorphum;* 4. *Inflabilis indolicus* (Gratz et Vas) P.; 5. *Proteus vulgaris.*

---

(11) *Arch. of Biochem.*, **14**, 1947, p. 229.
(12) *Centr. Bakt.*, II Abt., **71**, 1927, pp. 193-232.
(13) Dans les conditions de la technique Raynaud et Gros, la colamine n'est pas entraînable à la vapeur d'eau.

On voit que certains germes sont susceptibles de dégrader à la fois la choline et la colamine, alors que d'autres ne sont capables d'agir que sur un seul de ces métabolites, ce qui plaide en faveur de l'existence de deux enzymes distincts, une *choline-désaminase* et une *colamine-désaminase*, responsables du clivage hydrolytique des deux substrats respectifs.

A $16^h 10^m$ l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 17^h. L. B.

ERRATA.

(Séance du 12 mai 1947.)

Note de M[lles] *Cécile Stora, Jeanne Brigando* et MM. *Otto Schartzkopf, Henri Génin*, Action de l'ypérite sur les protides :

Page 1368, *remplacer* les trois dernières lignes par les suivantes :
La valeur proche de o suggérerait, par contre, une réaction en chaîne fermée

$$R\left\langle\begin{matrix}CH_2-CH_2\\CH_2-CH_2\end{matrix}\right\rangle S$$

ou en chaîne ouverte avec une double substitution $R(CH_2)_2-S-(CH)_2-R'$. Les différents modes de fixation de l'ypérite seraient possibles simultanément, ce qui expliquerait les rapports inférieurs à 1.

(Séance du 30 juin 1947.)

Note de M. *Pierre Bernard*, Effets magnétiques des éruptions solaires visibles :

Page 1812, 18[e] ligne, *au lieu de* $15^h 5^m$, *lire* $17^h 5^m$.

(Séance du 15 septembre 1947.)

Note de M. *Vladimir Kourganoff*, Sur les intégrales

$$I_{psnm}(a, b)=\int_0^\infty e^{-px}x^s K_n(ax)K_m(bx)\,dx :$$

Page 451, renvoi (2), *au lieu de* 11 août, *lire* 8 septembre.

Page 452, formule (8), *au lieu de* $\sum_{\lambda=x}^{n-1}$, *lire* $\sum_{\lambda=2}^{n-1}$; formule (9), *ajouter* $n>1$; $m>1$.

(Séance du 22 septembre 1947.)

Note de M. *Vladimir Kourganoff*, Sur la constance du flux intégré dans les atmosphères stellaires et la résolution de l'équation de transport :

Page 493, renvoi (²), *au lieu de* 11 août et 25 août, *lire* 8 septembre et 15 septembre.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE

Ouvrages reçus pendant les séances de septembre 1947.

Rothamsted Experimental Station Harpenden. *Report for the war Years* 1939-1945. Harpenden, St. Albans, Gibbs et Bamforth Ltd, 1946; 1 vol. 24cm.

Sixth Pacific Science Congress. Opening Address by the President Ross G. Harrison *at the Inaugural Session of the Congress Held in Wheeler Hall of the University of California, Berkeley, California*, July 24, 1939. Extrait de *Proceedings of the Sixt Pacific Science Congress*. Vol. I, 1940; 1 fasc. 25cm,5.

National Researoh Council and its Action in field of medical Sciences. Acceptance Address by Dr. Ross G. Harrison. Extrait de *Proceedings* of the mid-Year meeting of the American Pharmaceutical Manufacturers' Association — Sixth Annual Scientific Award Ceremony — 1944; 1 fasc. 23cm.

Transactions of the Connecticut Academy of Arts and Sciences. Vol. 36. July 1945. *Relations of Symetry in the Developing Embryo*, by Ross G. Harrison. New Haven, Connecticut Academy of Arts and Sciences, 1945; 1 fasc. 24cm.

Cellular differentiation and internal environment, by Ross G. Harrison. Extrait de *The American Association for the Advancement of Science*, pp. 77-97; 1 fasc. 26cm.

An attempt at an x-ray analysis of embryonic processes, by Ross G. Harrison, W. T. Astbury, K. M. Rudall. Extrait de *The Journal of Experimental Zoology*, Vol. 85, 1940; 1 fasc. 25cm.

Facsimile of first announcement of the Journal of the Experimental Zoology. Retrospect 1903-1945, by Ross G. Harrison. Extrait de *The Journal of Experimental Zoology*, Vol. 100, n° 3, 1945; 1 fasc. 25cm.

Institut Royal Colonial belge. — *Bulletin des Séances. Le Général Georges-François Perrier* (28 octobre 1872-16 février 1946), par M. Dehalu. T. XVIII, 1, 1947; Bruxelles, Marcel Hayez; 1 fasc. 24cm,5.

— Idem — *Éloge funèbre de Henri-Charles-Clément Roussilhe,* par M. DEHALU. T. XVII 2, 1946; 1 feuillet 24^{cm},5.

Les insectes des palmiers, par PIERRE LEPESME, avec le concours de J. GHESQUIÈRE et la collaboration de J. BOURGOGNE, E. CAIRASCHI, R. PAULIAN, A. VILLIERS. Paris, Paul Lechevalier, 1947; 1 vol. 24^{cm} (présenté par M. A. Chevalier).

Newton Tercentenary Celebrations 15-19 *July* 1946, published for THE ROYAL SOCIETY. Cambridge, The University Press, 1947; 1 vol. 26^{cm}.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 20 OCTOBRE 1947.

PRÉSIDENCE DE M. LOUIS BLARINGHEM.

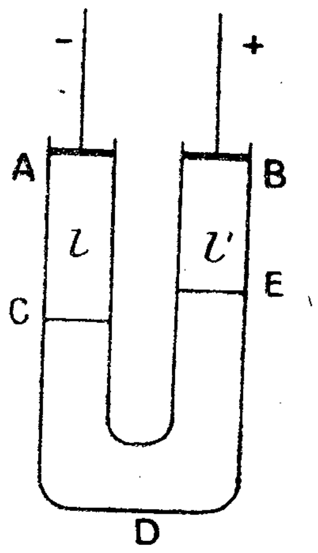
MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

ÉLECTROCHIMIE. — *Sur le fractionnement des sels au cours de l'électrolyse aqueuse.* Note [1] de M. **Pierre Jolibois**.

On peut appliquer aux sels la méthode que j'ai développée dans une Note précédente [2] et déterminer à chaque instant la concentration des substances qui sont en présence dans chaque point du récipient d'électrolyse.

Nous supposerons pour simplifier que la diffusion par différence de densité des substances dissoutes ne joue aucun rôle et que les matières concentrées par le courant au ras des électrodes sont éliminées au fur et à mesure de leur arrivée (ce qui peut être réalisé en mettant les électrodes dans un tube auxiliaire de petite dimension; *loc cit.*).

Considérons dans un tube en U (figure ci-dessous) de section S une solution



étendue de sulfate de sodium. Dans le compartiment cathodique A, de la soude prend naissance en même temps qu'il se dégage de l'hydrogène à la cathode. Les deux substances apparaissent suivant les proportions faradiques en fonction de la quantité d'électricité qui traverse le tube. L'ion SO_4 se dirige vers B et il

(1) Séance du 29 septembre 1947.

(2) *Comptes rendus*, **225**, 1947, p. 609.

se crée entre la soude et le sulfate de sodium une surface de séparation C qui se meut avec la vitesse de l'ion SO_4 dans la solution saline CDE de concentration a (en mol-g/l) et de conductibilité λ. Si nous maintenons constant le courant i, il règne en CDE un champ $\mathcal{H}$ qui donne à l'ion SO_4 la vitesse $\mathcal{H}U_{SO_4}$. Du côté anodique le phénomène est parallèle et la surface de séparation E, (entre la solution EB d'acide sulfurique et la solution ED de sulfate de sodium) se meut avec la vitesse $\mathcal{H}U_{Na}$.

L'existence de ces surfaces de séparation a été mise en évidence dans la thèse de J. Clerin ([3]) et lui a permis de mesurer directement la vitesse des ions d'acide faible jusque-là connue seulement par voie indirecte.

Il résulte de cela que la couche CDE qui contient le sulfate de sodium va en diminuant au cours de l'électrolyse et que la séparation du sulfate alcalin en soude et acide sulfurique se produit respectivement sur les surfaces C et E de contact entre les couches.

Au bout d'un certain temps d'électrolyse t :

1° Il a disparu en A une certaine quantité de soude qui s'est concentrée par apport continu et que nous avons éliminée;

2° En AC il est apparu une solution de soude occupant une longueur l qui est liée à la vitesse de cheminement de la surface C par la relation $l = U_{SO_4}\mathcal{H}.t$;

3° En CDE nous retrouvons, avec sa concentration initiale (a), la couche de sulfate de sodium;

4° A partir de E on constate les mêmes effets pour l'acide sulfurique que ceux qui viennent d'être décrits pour la soude. La surface E se meut avec la vitesse de l'ion Na, ce qui donne pour la longueur l' l'expression $l' = U_{Na}.\mathcal{H}.t$.

Si l'on prolonge l'électrolyse, la couche CDE disparaît progressivement et les substances formées SO_4H_2 et NaOH d'abord juxtaposées vont finalement se rassembler à l'anode et à la cathode.

Faisons le bilan de la soude à l'instant t quand la couche CDE existe encore.

Il est passé dans le tube une quantité d'électrité $q = it$, ce qui implique une production de $q/\mathcal{F}$ molécules de soude ($\mathcal{F} = 96500$ coulombs).

Il a disparu en BE une quantité d'ions sodium $l'a$S recueillie et éliminée en A sous forme de soude; il s'est de plus formé en AC une quantité de soude laS par éloignement de l'ion SO_4.

Cet ensemble représente la soude mise en liberté, donc

$$la\,S + l'a\,S = \frac{q}{\mathcal{F}}.$$

L'application de la loi d'Ohm donne $q = t\mathcal{H}\lambda S$, d'où l'on déduit

$$\mathcal{F}(U_{SO_4} + U_{Na}) = \frac{\lambda}{a} = \Lambda,$$

Λ étant la conductibilité moléculaire.

On retrouve ainsi la formule de Kohlrausch.

([3]) *Ann. Chim.*, **11**, **20**, 1945, pp. 288 et suiv.

Cette démonstration suppose :

1° la parfaite indépendance des ions de signe opposé sous l'influence du champ électrique;

2° l'apparition sur les surfaces de séparation C et E et non pas aux électrodes des dépôts faradiques de soude et d'acide sulfurique; ceci est conforme aux expériences de J. Clerin.

Ces observations nous permettent de revenir sur le cas des acides et des bases que nous avons traité antérieurement (²) et qui se trouve différent de celui des sels par suite de la présence dans leur molécule des ions H et OH constituants de l'eau. On peut, de la même manière, appliquer les formules que nous avons employées à ce propos.

Lors du passage d'une quantité d'électricité $\mathcal{F}$ dans l'acide RH, il se déplace en ions-grammes une quantité d'ions R : $U_R\mathcal{F}/\Lambda$. La quantité d'ions H qui se déplace dans l'autre sens est égale à $U_H\mathcal{F}/\Lambda$, U_R et U_H désignant les vitesses des ions R et H.

La loi de Faraday impliquant que tout le courant est transporté par des ions et que la quantité $\mathcal{F}$ correspond au transport d'un seul ion-gramme, on a $(U_R + U_H)\,\mathcal{F}/\Lambda = 1$.

Cette équation seule permet d'atteindre par le calcul le nombre U_H qui n'est pas accessible aux mesures directes, ainsi que le sont les vitesses des ions qui ne sont pas des constituants de l'eau.

Considérons maintenant le cas d'un sel comme le nitrate d'argent, cas classique d'une électrolyse avec dépôt de métal. Au contact de la couche C il se produit de l'oxyde d'argent très peu soluble; des ions argent entourés d'eau viennent au contact de l'électrode et la réaction de l'hydrogène atomique sur l'oxyde d'argent donne naissance à de l'argent métallique avec disparition totale de l'oxyde dissous.

Le courant ne passe sensiblement plus par l'eau pure; mais les cristaux d'argent de forme allongée qui se sont déposés, prolongent l'électrode et la font à nouveau baigner dans une solution d'oxyde. Cette réaction se passe de proche en proche et permet d'expliquer l'existence de ces longs filaments d'argent cristallin qui partent de la cathode pour rejoindre les régions concentrées en nitrate d'argent.

Lorsque l'on poursuit jusqu'au bout l'expérience, l'acide nitrique se concentre dans le compartiment anodique et tout l'argent métallique s'accumule dans le compartiment cathodique au sein d'eau pure.

DÉSIGNATIONS.

L'Académie des Inscriptions et Belles-Lettres invite l'Académie à se faire représenter à la séance qu'elle consacrera le vendredi 31 octobre, à 15 heures, à la commémoration du Centenaire de l'École française d'Athènes.

MM. Louis Blaringhem; Hyacinthe Vincent, Albert Caquot et Pierre Lejay sont désignés.

M. le Ministre de l'Industrie et du Commerce invite l'Académie à se faire représenter dans la Commission consultative des Répartitions de papier aux Éditeurs de livres.

MM. Maurice Caullery et Louis de Broglie sont désignés.

PRÉSENTATIONS.

Dans la formation d'une liste de candidats au poste de Directeur de l'Observatoire de Bordeaux, pour la première ligne, M. *Jean Rösch* obtient 20 suffrages, M. *Pierre Sémirot*, 20 suffrages. Il y a 2 bulletins blancs.

Il est procédé à un second tour de scrutin. M. *Pierre Sémirot* obtient 23 suffrages contre 16 à M. *Jean Rösch*. Il y a 2 bulletins blancs et 1 bulletin nul.

Pour la seconde ligne, M. *Jean Rösch* obtient 42 suffrages.

En conséquence, la liste présentée à M. le Ministre de l'Éducation Nationale comprendra :

En première ligne.......... M. Pierre Sémirot.
En seconde ligne.......... M. Jean Rösch.

Dans la formation d'une liste de candidats pour la Chaire de Sélection et Orientation professionnelles nouvellement créée au Conservatoire National des Arts et Métiers, pour la première ligne, M. *René Bize* obtient 30 suffrages contre 5 à M. *André Morali-Daninos*. Il y a 2 bulletins blancs.

Pour la seconde ligne, M. *André Morali-Daninos* obtient 27 suffrages. Il y a 8 bulletins blancs et 2 bulletins nuls.

En conséquence, la liste présentée à M. le Ministre de l'Éducation Nationale comprendra :

En première ligne.......... M. René Bize.
En seconde ligne........... M. André Morali-Daninos.

CORRESPONDANCE.

M. le Secrétaire perpétuel signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Pietro Rondoni. *Le Malattie ereditarie. Istituzioni di eredo-patologia generale.*

2° *Annales géologiques du Service des Mines*. Fascicule XII. *La Géologie de Madagascar en* 1946, par Henri Besairie.

3° *Carte géologique de la Côte française des Somalis* et *Notice explicative*, par Henri Besairie.

4° Institut Géographique National. Cartes de la France métropolitaine et d'outre-mer. Tableaux d'assemblage de l'avancement des travaux à la date.

5° ANTOINE BONTE. Une série de tirages à part concernant des études géologiques.

THÉORIE DES GROUPES. — *Sur les relations d'orthogonalité de V. Bargmann. II. Démonstration générale.* Note (¹) de M. **ROGER GODEMENT**, présentée par M. Élie Cartan.

Les résultats obtenus dans une Note précédente (²) vont nous permettre de démontrer maintenant les relations de Bargmann.

1. THÉORÈME 1. — *Soit* $\{\mathcal{H}, V_x\}$ *une représentation unitaire continue* irréductible *d'un groupe localement compact* G; *supposons que, pour* un élément non nul $X_0 \in \mathcal{H}$, *la fonction* $(X_0, V_x X_0)$ *soit* de carré sommable (³) *sur* G. *Alors :*

1° Quels que soient $X, Y \in \mathcal{H}$, *la fonction* $(X, V_x Y)$ *est de carré sommable, et il existe une constante* $\lambda (0 < \lambda < +\infty)$ *telle que*

$$\int_G (X, V_x Y)\overline{(X', V_x Y')}\,dx = \lambda (X, X')\overline{(Y, Y')} \qquad (X, Y, X', Y' \in \mathcal{H}).$$

2° *Si* $\{\mathcal{H}, V_x\}$ *et* $\{\mathcal{H}', V'_x\}$ *satisfont aux hypothèses précédentes et ne sont pas isomorphes* (*équivalentes*), *on a*

$$\int_G (X, V_x Y)\overline{(X', V'_x Y')}\,dx = 0 \qquad (X, Y \in \mathcal{H};\ X', Y' \in \mathcal{H}').$$

Démonstration. — α. $\varphi_0(x) = (X_0, V_x X_0)$ étant de carré sommable, il résulte de R. O. I., théorème 1, l'existence d'un sous-espace fermé $\mathcal{L} \subset L^2$ invariant par les U_x (à savoir : le sous-espace engendré par les $U_s \varphi_0$) tel que $\{\mathcal{H}, V_x\}$ soit équivalente à $\{\mathcal{L}, U_x\}$: on se bornera donc à raisonner sur $\{\mathcal{L}, U_x\}$.

β. Soit $\mathcal{V} \subset \mathcal{L}$ le sous-espace des fonctions *bornées* de $\mathcal{L}$. $\mathcal{V}$ est partout dense dans $\mathcal{L}$ (R. O. I., th. 3), et $f \in \mathcal{V}$ *équivaut* à $f \star \tilde{f} \in L^2$ (R. O. I., th. 1 et 2).

γ. Soient g, g' deux éléments fixes de $\mathcal{V}$. Quels que soit f, $f' \in L^2$, on a $f \star \tilde{g} \in L^2$, $f' \star \tilde{g}' \in L^2$ et l'on peut donc former

$$\int [f, U_x g]\overline{[f', U_x g']}\,dx = [A^{\star}_g f, A^{\star}_{g'} f'] = [Af, f'],$$

(¹) Séance du 6 octobre 1947.

(²) *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 521. Cette Note sera citée R. O. I. dans la suite.

(³) D'après R. O. I., théorème 3, cette hypothèse est vérifiée pour toute représentation $\{\mathcal{L}, U_x\}$ où $\mathcal{L}$ est un sous-espace vectoriel fermé de L^2 invariant par les U_x. Le théorème 1 s'applique donc à toutes les représentations *irréductibles* « contenues » dans la représentation « régulière » $\{L^2, U_x\}$ de G; et à celles-là seulement si l'on ne distingue pas deux représentations équivalentes.

où l'opérateur borné $A = A_{g'} A_g^*$ *permute aux* U_s, et applique L^2 dans $\mathcal{L}$ (car $f' \perp \mathcal{L} \to [f', U_x g'] \equiv 0 \to f' \perp Af$) : A *conserve donc* $\mathcal{L}$ et par suite (lemme de Schur) se réduit dans $\mathcal{L}$ à une homothétie; il existe donc une constante $\lambda_{g',g}$ telle que

$$\int [f, U_x g] \overline{[f', U_x g']}\, dx = \lambda_{g',g} [f, f'] \qquad [f, f' \in \mathcal{L}]. \tag{1}$$

Mais, si f, f' sont aussi *bornées*, on a (*on suppose* $dx = d(x^{-1})$)

$$\int [f, U_x g] \overline{[f', U_x g']}\, dx = \int [g', U_x f'] \overline{[g, U_x f]}\, dx = \lambda_{f,f'} [g', g]. \tag{2}$$

Comparant (1) et (2), on en conclut l'existence d'une constante absolue λ telle que

$$\int [f, U_x g] \overline{[f', U_x g']}\, dx = \lambda [f, f'] \overline{[g, g']} \tag{3}$$

pour $f, f' \in \mathcal{L}$, $g, g' \in \mathcal{V}$. Évidemment, $0 < \lambda < +\infty$.

δ. On va montrer [4] que $\mathcal{V} = \mathcal{L}$. (3) s'écrit

$$[f \star \tilde{g}, f' \star \tilde{g}'] = \lambda [f, f'] \overline{[g, g']},$$

d'où l'on déduit par un calcul élémentaire

$$\| f \star \tilde{f} - g \star \tilde{g} \|^2 = \lambda \{ \|f\|^4 - 2 | [f, g] |^2 + \|g\|^4 \} \tag{4}$$

pour $f, g \in \mathcal{V}$. Soit alors $f \in \mathcal{L}$, et $f_n \in \mathcal{V}$ une suite convergent *fortement* vers f. (4) montre que $f_n \star \tilde{f}_n$ constitue une *suite de Cauchy dans* L^2; mais en même temps

$$f_n \star \tilde{f}_n(x) = [f_n, U_x f_n]$$

converge *uniformément sur* G *vers* $f \star \tilde{f}$. Donc $f \star \tilde{f} \in L^2$, et d'après R. O. I. théorèmes 1 et 2, on a $f \in \mathcal{V}$. Donc $\mathcal{V} = \mathcal{L}$ et la première partie du théorème est démontrée.

ε. Soient $\{\mathcal{L}, U_x\}$ et $\{\mathcal{L}', U_x\}$ deux représentations *non équivalentes*. D'après ce qui précède, on peut former pour $f, f' \in L^2$, $g \in \mathcal{L}$, $g' \in \mathcal{L}'$

$$\int [f, U_x g] \overline{[f', U_x g']}\, dx = [A_g^* f, A_{g'}^* f'] = [Af, f'];$$

l'opérateur borné $A = A_{g'} A_g^*$ permute aux U_s; il applique L^2 dans $\mathcal{L}'$ (même raisonnement qu'en γ'), donc $\mathcal{L}$ dans $\mathcal{L}'$: d'après le lemme de Schur, on a donc $A(\mathcal{L}) = 0$, ce qui achève la démonstration du théorème 3.

---

(4) L'irréductibilité de $\{\mathcal{L}, U_x\}$ joue naturellement un rôle essentiel dans cette démonstration.

2. On appelle *spectre* (5) d'une fonction $\varphi(x)$ continue et bornée l'ensemble $\Sigma(\varphi)$ des représentations unitaires irréductibles de G définies par les fonctions élémentaires de type positif qu'on peut approcher, uniformément sur tout compact, par des expressions uniformément bornées de la forme $\sum_i \alpha_i \varphi(s_i x t_i)$. Si $\varphi \not\equiv 0$, $\Sigma(\varphi)$ n'est pas vide dans les cas suivants (au moins) : 1° $\varphi(x) = (X, V_x Y)$ pour une représentation unitaire $\{\mathcal{H}, V_x\}$ de G; 2° φ est de carré sommable. Si $\varphi, \psi \in L^2$, on a $\Sigma(\varphi \star \tilde{\psi}) \subset \Sigma(\varphi) \cap \Sigma(\psi)$ et donc : *si les spectres de* $\varphi, \psi \in L^2$ *sont disjoints, on a* $\varphi \star \tilde{\psi} = 0$. Cette remarque presque triviale explique les relations d'orthogonalité *classiques* dans L_2 (groupes abéliens ou compacts); toutefois, son application au groupe de Lorentz n'est pas sans présenter des difficultés sérieuses, sur lesquelles nous espérons pouvoir revenir.

TOPOLOGIE. — *Sur les lattices topologiques.*

Note (1) de M. **Karel Koutský**, présentée par M. Paul Montel.

1. La notion de topologie dans un ensemble donné P peut être essentiellement généralisée en ce sens, qu'au lieu du système de tous les sous ensembles de P, nous considérons un ensemble partiellement ordonné quelconque comme étant son porteur (2). De la sorte, nous arrivons à la notion d'espaces topologiques où l'on ne suppose pas l'existence de points. Sans porter atteinte à la généralité, on peut se borner aux lattices (structures) ayant un élément-zéro et un élément-unité. Par *topologie* (= tgie) dans un lattice S de cette sorte, nous entendons toute opération φ transformant chaque élément de cet ensemble S en un élément de S. Donnons au couple (S, φ) la dénomination de *lattice topologique* et appelons l'image $\varphi(x)$ d'un élément quelconque $x \in S$ sa *fermeture*. Si $\varphi(x) = x$, nous disons que l'élément x est *fermé*.

Nous pouvons supposer que la topologie φ, admette un ou plusieurs des axiomes suivants :

Axiome **M** (monotonie)......	$x_1 \in S$,	$x_2 \in S, \quad x_1 \leqq x_2 \Rightarrow \varphi(x_1) \leqq \varphi(x_2)$,
» **A** (additivité).......	$x_1 \in S$,	$x_2 \in S \Rightarrow \varphi(x_1 \cup x_2) = \varphi(x_1) \cup \varphi(x_2)$,
» **I** (incidence).......		$x \in S \Rightarrow x \leqq \varphi(x)$,
» **U** (idempotence)		$x \in S \Rightarrow \varphi\varphi(x) = \varphi(x)$.

Nous parlons de topologies du type **M** (= **M**-tgies) comme étant des topo-

(5) Une notion analogue est définie dans : R. Godement, *Comptes rendus*, **222**, 1946, pp. 529-531; on peut du reste en définir au moins deux autres (obtenues en prenant seulement les translatées à gauche, ou à droite de φ).

(1) Séance du 22 septembre 1947.

(2) Voir Monteiro-Ribeiro, *L'opération de fermeture et ses invariants dans les systèmes partiellement ordonnés* (*Portugaliæ Mathematica*, **3**, 1942, pp. 171-183).

logies admettant l'axiome **M**; les termes **A**-tgies, **I**-tgies et **U**-tgies, ont un sens analogue. Il convient de faire remarquer que l'axiome **A** implique l'axiome **M**.

2. Je dis qu'un $x \in S$ est **D**-*élément* s'il existe au moins un $d \in S$, pour lequel $x \cap \varphi(d) = 0$ [o est l'élément-zéro du S]; puis d s'appelle *éloignement* de l'élément x. A propos d'un système D_x d'éloignements d'un élément x, je dis que c'est un système complet d'éloignements de x, si pour chaque éloignement w de x il existe un $d \in D_x$ jouissant de la propriété $w \leqq d$.

Il peut arriver que la topologie φ jouisse d'une des propriétés suivantes : $(\mathfrak{T}_1)$, si d est un éloignement de x et si $d_1 \leqq d$, alors d_1 est un éloignement de x; $(\mathfrak{T}_2)$, si d est un éloignement de x, alors les éléments x, d sont disjoints, [c'est-à-dire que $x \cap d = 0$]; $(\mathfrak{T}_3)$, si d est un éloignement de x, alors $\varphi(d)$ est de même un éloignement de x; $(\mathfrak{T}_4)$, pour chaque $x \in S$ il existe un système complet D_x de ses éloignements tel que chaque $d \in D_x$ est fermé; $(\mathfrak{T}_5)$, si d_1, d_2 sont deux éloignements de x, alors $d_1 \cup d_2$ est un éloignement de x; $(\mathfrak{T}_6)$, si d_0 est un éloignement de x et D_x est un système complet d'éloignements de x et si D_x^* est le système de tous les $d \in D_x$ pour lesquels $d_0 \leqq d$, alors D_x^* est un système complet d'éloignements de x.

Les théorèmes suivants sont alors valables : *Si φ est une* **M**-*tgie, φ jouit de la propriété $(\mathfrak{T}_1)$. — Si φ est une* **I**-*tgie, φ jouit de la propriété $(\mathfrak{T}_2)$. — Si φ est une* **U**-*tgie, φ jouit de la propriété $(\mathfrak{T}_3)$. — Si φ est une* **IU**-*tgie, φ jouit de la propriété $(\mathfrak{T}_4)$; la validité de ces deux axiomes* **I**, **U** *est essentielle. — Si φ est une* **A**-*tgie et* S *un lattice distributif, φ jouit des propriétés $(\mathfrak{T}_5)$ et $(\mathfrak{T}_6)$; si* S *n'est pas distributif, φ ne doit avoir aucune des propriétés $(\mathfrak{T}_5)$ et $(\mathfrak{T}_6)$.*

Dans les lattices complémentaires modulaires, des théorèmes inverses sont valables : *Si φ jouit de la propriété $(\mathfrak{T}_1)$, alors φ est une* **M**-*tgie. — Si φ jouit de la propriété $(\mathfrak{T}_2)$, alors φ est une* **I**-*tgie. — Si φ jouit de la propriété $(\mathfrak{T}_3)$, alors pour chaque $x \in S$ la condition $\varphi\varphi(x) \leqq \varphi(x)$ [axiome* **U** *affaibli] est remplie; si φ est toutefois une* **I**-*tgie et, de plus, jouit de la propriété $(\mathfrak{T}_3)$, alors φ est une* **U**-*tgie. — Si φ jouit de la propriété $(\mathfrak{T}_5)$ ou $(\mathfrak{T}_6)$, alors, pour chaque couple $x_1 \in S$, $x_2 \in S$, la condition $\varphi(x_1 \cup x_2) \leqq \varphi(x_1) \cup \varphi(x_2)$ [axiome* **A** *affaibli] est remplie; si toutefois φ est une* **M**-*tgie et, de plus, jouit de la propriété $(\mathfrak{T}_5)$ ou $(\mathfrak{T}_6)$, alors φ est une* **A**-*tgie.* — Pour les lattices non complémentaires ou non modulaires, les théorèmes précédents peuvent ne plus être valables.

3. La notion d'éléments fermés mène à d'autres théorèmes dont le suivant est le plus important : *La théorie des* **IMU**-*tgies peut être fondée sur la notion de système d'éléments fermés,* F, *soumis aux trois axiomes suivants : $(\mathfrak{F}_1)$: Pour chaque $x \in S$ il existe au moins un $f \in F$ pour lequel $x \leqq f$. — $(\mathfrak{F}_2)$: Si $F(x)$ désigne un système de tous ces $f \in F$ pour lesquels $x \leqq f$, alors la borne inférieure $\bigwedge_x f$ de l'ensemble $F(x)$ existe. — $(\mathfrak{F}_3)$: Pour chaque $x \in S$ on a $\bigwedge_x f \in F(x)$. — Si le système* F *satisfait de plus à l'axiome $(\mathfrak{F}_4)$: $f_1 \in F, f_2 \in F \Rightarrow f_1 \cup f_2 \in F$,*

alors nous obtenons le fondement de la théorie des **AIU**-*tgies. Dans le cas général, la notion d'éléments fermés n'est pas suffisante pour fonder la théorie des tgies.*

Outre les théorèmes mentionnés ci-dessus, j'en ai déduit beaucoup d'autres qui se rapportent d'une part aux caractères des éléments des lattices topologiques, d'autre part aux **D**-tgies et aux systèmes des tgies dans un lattice donné S et enfin à la relativisation d'une tgie dans les sous-lattices d'un lattice S.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Remarque sur certaines équations intégrales singulières résolubles par le calcul symbolique.* Note [1] de M. **Maurice Parodi**, transmise par M. Henri Villat.

On sait que si l'on considère l'équation intégrale de Volterra du type

$$\int_0^y k(y-\tau)f(\tau)\,d\tau = g(y), \tag{1}$$

la solution $f(y)$ de cette équation peut s'exprimer en fonction de celle, $f_1(y)$, de l'équation obtenue en remplaçant au second membre $g(y)$ par l'unité, par la relation [2]

$$f(y) = \frac{d}{dy}\int_0^y f_1(y-\tau)\,g(\tau)\,d\tau. \tag{2}$$

Nous avons d'autre part signalé [3] que le calcul symbolique se prêtait à la résolution d'équations intégrales singulières de la forme

$$\int_0^\infty k(x, y)f(x)\,dx = g(y) \tag{3}$$

quand le noyau a une image, prise par rapport à y, du type

$$\psi(p)^{\nu+1}e^{-x\psi^\mu(p)}. \tag{4}$$

Nous nous proposons de montrer que si $f(y)$ est une solution de (3) et $f_1(y)$ celle de cette même équation où $g(y)$ est remplacé par l'unité, il existe entre $f(y)$ et $f_1(y)$ une relation analogue à (2).

Posons $g(y)\supset\theta(p)$ et faisons sur les deux membres de (3) une transformation de Carson relative à la variable y; il vient, en posant $\varphi(p)\subset f(x)$,

$$\psi(p)^{\nu+1-\mu}\varphi[\psi(p)^\mu] = \theta(p). \tag{5}$$

Remplaçons maintenant $g(y)$ par l'unité dans (3), et soit $\varphi_1(p)$ l'image de la

---

(1) Séance du 1er septembre 1947.

(2) M. Parodi, *Comptes rendus*, **217**, 1943, p. 523.

(3) *Bull. Sci. Math.*, **69**, 1945, p. 174.

solution $f_1(y)$ correspondante, nous obtenons

$$\psi(p)^{\nu+1-\mu}\varphi_1[\psi(p)^{\mu}] = 1. \tag{6}$$

De (5) et (6), on tire

$$\varphi[\psi(p)^{\mu}] = \theta(p)\varphi_1[\psi(p)^{\mu}]. \tag{7}$$

Posons $\psi(p)^{\mu} = q$, d'où nous déduisons $p = \rho(q)$, (7) devient

$$\varphi(q) = \varphi_1(q)\,\theta[\rho(q)] = \frac{1}{q}\,q\,\varphi_1(q)\,\theta[\rho(q)]. \tag{8}$$

Or, on sait calculer l'original $f_\rho(y)$ de $\theta[\rho(q)]$ en fonction de celui, $g(y)$, de $\theta(q)$; on a (1)

$$f_\rho(y) = \int_0^\infty \mathrm{H}(y, z)\,g(z)\,dz,$$

où $\mathrm{H}(y, z)$ a pour image $\rho(q)\,e^{-z\rho(q)}$.

De (8), on tire ainsi

$$f(y) = \frac{d}{dy}\int_0^y f_1(y-\tau)f_\rho(\tau)\,d\tau \tag{9}$$

ou encore

$$f(y) = \frac{d}{dy}\int_0^y f_1(y-\tau)\,d\tau\int_0^\infty g(z)\,\mathrm{H}(y, z)\,dz,$$

relations qui sont bien analogues à (2).

CINÉMATIQUE. — *Mouvements à deux paramètres : extension de la formule de Savary.* Note de M. **Henri Pailloux**, présentée par M. Jean Chazy.

Un trièdre de sommet A, défini par des vecteurs unitaires $\vec{i}, \vec{j}, \vec{k}$ rectangulaires, caractérise un solide S_2 en mouvement par rapport à un solide S_1, sa position dépendant de deux paramètres α, β. Pour tout point P de S, on a

$$\begin{aligned} &\vec{P} = \vec{A} + x\vec{i} + y\vec{j} + z\vec{k}, && d\vec{A} = \vec{V}_1\,d\alpha + \vec{V}_2\,d\beta, \\ &d\vec{P} = d\vec{A} + d\vec{\omega} \wedge \overrightarrow{AP}, && d\vec{\omega} = \vec{\Omega}_1\,d\alpha + \vec{\Omega}_2\,d\beta. \end{aligned} \tag{1}$$

On sait que le déplacement de la position α, β à la position $\alpha + d\alpha$, $\beta + d\beta$ peut être une rotation, pourvu que

$$\mathrm{H}\,d\alpha^2 + 2\mathrm{K}\,d\alpha\,d\beta + \mathrm{L}\,d\beta^2 = 0, \quad \mathrm{H} = \vec{V}_1.\vec{\Omega}_1, \quad 2\mathrm{K} = \vec{V}_1.\vec{\Omega}_2 + \vec{V}_2.\vec{\Omega}_1, \quad \mathrm{L} = \vec{V}_2.\vec{\Omega}_2. \tag{2}$$

Il existe donc deux rotations possibles, autour d'axes D, D′

$$\delta\vec{\omega} = \delta p\,\vec{i} + \delta q\,\vec{j} + \delta r\,\vec{k}, \qquad \delta'\vec{\omega} = \delta' p\,\vec{i} + \delta' q\,\vec{j} + \delta' r\,\vec{k};$$

les symboles de différentiation δ, δ' sont déterminés à partir de $d\alpha$, $d\beta$ par

$$\begin{cases} d\alpha = \delta\alpha + \delta'\alpha, & \delta\beta = \mu\,\delta\alpha, \\ d\beta = \delta\beta + \delta'\beta, & \delta'\beta = \mu'\,\delta'\alpha, \end{cases} \tag{3}$$

où μ et μ' sont les valeurs du rapport $d\beta/d\alpha$ définies par l'équation (2). Nous supposerons $\mu' \neq \mu$, de sorte que nous pourrons faire varier indépendamment $\delta\alpha$, $\delta'\alpha$ au lieu de $d\alpha$ et $d\beta$. Soit PII' la droite passant par P, et s'appuyant sur D, D'. On peut écrire la formule (1)

$$d\vec{P} = \delta\vec{\omega} \wedge \overrightarrow{IP} + \delta'\vec{\omega} \wedge \overrightarrow{I'P},$$

forme qui contient le théorème de Mannheim. D'autre part le théorème sur la composition des vitesses s'étend sans peine, et pour des points P_1, P_2, lieux dans S_1, S_2 du point coïncidant P, on a

$$\overrightarrow{dP_2} - \overrightarrow{dP_1} = \delta\vec{\omega} \wedge \overrightarrow{IP} + \delta'\vec{\omega} \wedge \overrightarrow{I'P}. \tag{4}$$

Pour déterminer alors l'indicatrice d'une surface Σ_1 enveloppe de Σ_2 entraînée par S_2, nous pouvons utiliser les raisonnements et certaines formules d'une Note précédente [1]. $\vec{m}$ étant le vecteur unitaire normal commun à Σ_1 et Σ_2 pour la position considérée, posons

$$h\vec{m} = \overrightarrow{IP}, \qquad h'\vec{m} = \overrightarrow{I'P}.$$

On a alors

$$\delta\sigma = \left(1 - \frac{h}{IC}\right)\vec{\tau}.\overrightarrow{\delta I}, \qquad \delta\sigma' = \left(1 - \frac{h}{IC'}\right)\vec{\tau}'.\overrightarrow{\delta I},$$

$$\delta'\sigma = \left(1 - \frac{h'}{I'C}\right)\vec{\tau}.\overrightarrow{\delta' I'}, \qquad \delta'\sigma' = \left(1 - \frac{h'}{I'C'}\right)\vec{\tau}'.\overrightarrow{\delta' I'},$$

où $\overrightarrow{\delta I}$ représente la variation élémentaire de I pour la rotation $\delta\vec{\omega}$ autour de D. On en déduit

$$d\sigma = \vec{\tau}.\left[\left(1 - \frac{h}{IC}\right)\overrightarrow{\delta I} + \left(1 - \frac{h'}{I'C}\right)\overrightarrow{\delta' I'}\right],$$

$$d\sigma' = \vec{\tau}'.\left[\left(1 - \frac{h}{IC'}\right)\overrightarrow{\delta I} + \left(1 - \frac{h'}{I'C'}\right)\overrightarrow{\delta' I'}\right].$$

L'application de la formule (4) fournit une relation de la forme

$$h(A\,\delta\alpha + B\,\delta\beta) + h'(A'\delta'\alpha + B'\delta'\beta) = 0.$$

Le deuxième groupe de formules (3) montre que l'équation

$$h(A + B\mu)\,\delta\alpha + h'(A' + B'\mu')\delta'\alpha = 0$$

doit avoir lieu quels que soient $\delta\alpha$, $\delta'\alpha$; donc les coefficients de h et h' sont nuls. h et h' disparaissent des calculs comme en géométrie plane :

$$\vec{\tau}_2\frac{\vec{\tau}_2.\overrightarrow{\delta I}}{IC_2} + \vec{\tau}'_2\frac{\vec{\tau}'_2.\overrightarrow{\delta I}}{IC'_2} - \vec{\tau}_1\frac{\vec{\tau}_1.\overrightarrow{\delta I}}{IC_1} - \vec{\tau}'_1\frac{\vec{\tau}'_1.\overrightarrow{\delta I}}{IC'_1} = \vec{m} \wedge \delta\vec{\omega},$$

$$\vec{\tau}_2\frac{\vec{\tau}_2.\overrightarrow{\delta' I'}}{I'C_2} + \vec{\tau}'_2\frac{\vec{\tau}'_2.\overrightarrow{\delta' I'}}{I'C'_2} - \vec{\tau}_1\frac{\vec{\tau}_1.\overrightarrow{\delta' I'}}{I'C_1} - \vec{\tau}'_1\frac{\vec{\tau}'_1.\overrightarrow{\delta' I'}}{I'C'_1} = \vec{m} \wedge \delta'\vec{\omega}.$$

---

[1] *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 1542.

Telles sont, sous forme condensée, les formules cherchées. Chacune d'elles fournit deux relations scalaires seulement, car tous les vecteurs sont perpendiculaires à la normale commune. Nous avons quatre relations qui doivent se réduire à trois, car la détermination de l'indicatrice inconnue ne dépend que de trois paramètres.

Le calcul de δI est assez pénible :

$$\overrightarrow{\delta I} = \left(\frac{\partial \vec{I}}{\partial \alpha} + \frac{\partial \vec{I}}{\partial \beta}\mu\right)\delta\alpha, \qquad \overrightarrow{\delta' I'} = \left(\frac{\partial \vec{I'}}{\partial \alpha} + \frac{\partial \vec{I'}}{\partial \beta}\mu'\right)\delta'\alpha,$$

$$\overrightarrow{PI} = \frac{\vec{\Omega}_2.(\vec{V}_1 + \mu\vec{V}_2) - (\overrightarrow{AP}, \vec{\Omega}_1, \vec{\Omega}_2)}{(\vec{U}_1 \wedge \vec{U}_2).(\vec{\Omega}_1 \wedge \vec{\Omega}_2)}\vec{U}_1 \wedge \vec{U}_2, \qquad \vec{U}_1 = \vec{V}_1 + \vec{\Omega}_1 \wedge \overrightarrow{AP},$$

$$\overrightarrow{PI'} = \frac{\vec{\Omega}_2.(\vec{V}_1 + \mu'\vec{V}_2) - (\overrightarrow{AP}, \vec{\Omega}_1, \vec{\Omega}_2)}{(\vec{U}_1 \wedge \vec{U}_2).(\vec{\Omega}_1 \wedge \vec{\Omega}_2)}\vec{U}_1 \wedge \vec{U}_2, \qquad \vec{U}_2 = \vec{V}_2 + \vec{\Omega}_2 \wedge \overrightarrow{AP}.$$

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Sur la possibilité des mouvements irrotationnels d'un fluide visqueux incompressible.* Note de M. **Ion Cârstoiu**, présentée par M. Henri Villat.

1. La possibilité des mouvements irrotationnels d'un fluide visqueux incompressible a fait l'objet d'importantes recherches, notamment de M. G. Hamel [1]. Comment se pose la question ?

Considérons les équations de mouvement d'un tel fluide par rapport à un système d'axes fixes $Oxyz$, et supposons les forces de masses conservatives ; on a

$$\frac{du}{dt} = \frac{\partial Q}{\partial x} + \nu\Delta u, \ldots, \tag{1}$$

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0. \tag{2}$$

Est-il possible d'avoir $\vec{V} = \overrightarrow{\text{grad}}\,\varphi$? La réponse est affirmative et les trois équations (1) se réduisent à une équation identique à celle de Bernoulli. Mais, faut-il en conclure que le potentiel φ existe à n'importe quel instant ? En d'autres termes, l'existence d'un potentiel à l'instant t_0 entraîne-t-elle l'existence d'un potentiel à tout moment ultérieur ? On est en présence d'un problème très ardu, dont l'importance a déjà été soulignée par M. H. Jeffries [2], qui a obtenu à ce sujet une formule essentielle. Dans une Note antérieure [3] nous avons donné les formules faisant connaître, dans un tel fluide, la distribution

[1] *Zeitschrift für angew. Mathematik und Mechanik*, **21**, 1941, pp. 129-139.
[2] *Proc. Cambridge Phil. Soc.*, **24**, 1928, p. 477.
[3] *Comptes rendus*, **223**, 1946, p. 1096.

des tourbillons, à chaque instant; on a

$$(3)\quad \begin{cases} \xi = \left\{\xi_0 + \nu \int_{t_0}^{t} \left[\Delta\xi \frac{D(y,z)}{D(b,c)} + \ldots\right] dt\right\} \frac{\partial x}{\partial a} + \left\{\eta_0 + \nu \int_{t_0}^{t} \left[\Delta\xi \frac{D(y,z)}{D(c,a)} + \ldots\right] dt\right\} \frac{\partial x}{\partial b} \\ \qquad + \left\{\zeta_0 + \nu \int_{t_0}^{t} \left[\Delta\xi \frac{D(y,z)}{D(a,b)} + \ldots\right] dt\right\} \frac{\partial x}{\partial c}, \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \end{cases}$$

2. Nous voulons donner maintenant des formules analogues, pour les vitesses. Des équations (1), on peut tirer, faisant usage d'un procédé dû à Weber les équations ([4]),

$$(4)\quad \begin{cases} u\frac{\partial x}{\partial a} + v\frac{\partial y}{\partial a} + w\frac{\partial z}{\partial a} - u_0 = \frac{\partial \chi}{\partial a} + \nu \int_{t_0}^{t} \left(\Delta u \frac{\partial x}{\partial a} + \Delta v \frac{\partial y}{\partial a} + \Delta w \frac{\partial z}{\partial a}\right) dt, \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \end{cases}$$

avec

$$\chi = \int_{t_0}^{t} \left(Q + \frac{1}{2} V^2\right) dt.$$

En résolvant par rapport à (u, v, w), on aura

$$(5)\quad \begin{cases} u - \frac{\partial \chi}{\partial x} = \left[u_0 + \nu \int_{t_0}^{t} \left(\Delta u \frac{\partial x}{\partial a} + \Delta v \frac{\partial y}{\partial a} + \Delta w \frac{\partial z}{\partial a}\right) dt\right] \frac{D(y,z)}{D(b,c)} \\ \qquad + \left[v_0 + \nu \int_{t_0}^{t} \left(\Delta u \frac{\partial x}{\partial b} + \ldots\right) dt\right] \frac{D(y,z)}{D(c,a)} \\ \qquad + \left[w_0 + \nu \int_{t_0}^{t} \left(\Delta u \frac{\partial x}{\partial c} + \ldots\right) dt\right] \frac{D(y,z)}{D(a,b)}, \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \end{cases}$$

Ces formules précisent de quelle manière le mouvement ultérieur du fluide s'écarte d'un mouvement potentiel, dans l'hypothèse de l'existence d'un potentiel initial pour les vitesses.

3. Pour compléter les équations (5), on peut obtenir au moyen des équations (1) et (2), une relation permettant de déterminer la pression p. Elle est identique, chose remarquable, à celle donnée par L. Lichtenstein ([5]), dans le cas d'un fluide parfait. Suivant la méthode de Lichtenstein, dérivons les équations (1) respectivement par rapport à x, y et z et ajoutons-les. En tenant compte de l'équation de continuité (2), on obtient

$$(6)\quad \Delta\left(\frac{p}{\rho} - U\right) = -\left[\left(\frac{\partial u}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial v}{\partial y}\right)^2 + \left(\frac{\partial w}{\partial z}\right)^2 + 2\left(\frac{\partial u}{\partial y}\frac{\partial v}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial z}\frac{\partial w}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial z}\frac{\partial w}{\partial y}\right)\right],$$

([4]) I. CÂRSTOIU, *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 534.

([5]) *Grundlagen der Hydromechanik*, 1929, pp. 409-411.

qui peut s'écrire encore

$$\Delta\left(\frac{p}{\rho} - U\right) = 2\left[\frac{D(u, v)}{D(x, y)} + \frac{D(u, w)}{D(x, z)} + \frac{D(v, w)}{D(y, z)}\right]. \tag{6'}$$

En y supposant $U \equiv 0$, on voit que (comme pour un fluide parfait), si le mouvement est irrotationnel, la pression est une fonction sousharmonique.

ÉLASTICITÉ. — *Sur les petites déformations des milieux doués de frottement interne.* Note de M. **Jean Mandel**, présentée par M. Albert Caquot.

Nous considérons les petites déformations monotones (c'est-à-dire évoluant toujours dans le même sens) d'une terre supposée isotrope ou quasi isotrope dans son état initial. On peut, entre les 3 déformations principales e_1, e_2, e_3 et les 3 contraintes principales n_1, n_2, n_3 (plus exactement les 3 éléments principaux du tenseur variation des contraintes), poser 3 relations linéaires et homogènes. Mais on doit admettre que le coefficient d'influence d'une contrainte principale sur une déformation principale dépend du signe de cette contrainte; cette dépendance traduit l'irréversibilité due au frottement interne.

a. Si les 3 contraintes principales sont du même signe, les 3 relations ne contiennent que 2 coefficients distincts et coïncident avec celles d'un milieu parfaitement élastique. En gros on peut admettre qu'il en est ainsi lorsqu'on calcule le tassement définitif sous une fondation, car le calcul fait dans cette hypothèse montre que s'il existe des contraintes de traction elles restent d'importance faible vis-à-vis des pressions.

b. Si les 3 contraintes principales ne sont pas de même signe, les 3 relations contiennent 4 coefficients distincts. Ainsi, pour $n_1 > 0$, n_2 et $n_3 < 0$ (les contraintes positives étant les pressions), on aura

$$e_1 = -\frac{n_1}{E} + \frac{\nu'}{e'}(n_2 + n_3),$$

$$e_2 = -\frac{n_2}{E'} + \frac{\nu}{E}n_1 + \frac{\nu'}{E'}n_3,$$

$$e_3 = -\frac{n_3}{E'} + \frac{\nu}{E}n_1 + \frac{\nu'}{E'}n_2.$$

E, module de tassement; ν, coefficient de Poisson correspondant; E', module de gonflement; ν', coefficient de Poisson correspondant.

On a $E' \geqq E$, avec les deux cas limites suivants :

$E' = E$ (et $\nu' = \nu$), milieu parfaitement élastique; E' infini, milieu parfaitement inélastique.

Ce cas *b* se présente dans l'équilibre d'une terre autour d'une cavité sur le pourtour de laquelle s'exerce une pression normale uniforme. A l'aide des relations précédentes, on détermine aisément contraintes et déplacements autour d'une cavité cylindrique circulaire (souterrains, puits).

Le cas b se présente également dans la déformation immédiate, sous l'action d'une charge, d'une terre saturée d'eau (tassement immédiat sous une fondation en terrain argileux). Si l'on néglige la compressibilité de l'eau et la compressibilité propre des grains vis-à-vis de celle de leur assemblage, la déformation immédiate se fait à volume constant, et par conséquent n_1, n_2, n_3 ne peuvent pas être de même signe. Étudiant ce problème, nous avons établi les points suivants :

1° Pour un milieu parfaitement élastique, homogène ou non, de coefficients ν et E en un point M, contraintes et déplacements immédiats seraient les mêmes que si le milieu était sec et avait au point M pour coefficients

$$\nu_0 = 0,5, \qquad E_0 = \frac{3}{2}\,\frac{E}{1+\nu}.$$

Pression de l'eau : $q = 1/3\,(n_1 + n_2 + n_3)$;

2° Pour un milieu parfaitement inélastique, les déplacements immédiats seraient nuls. Pression de l'eau : $q = n_1 > n_2 > n_3$;

3° Dans un problème de tranches planes, pour un milieu homogène ou non, de coefficients ν, E, ν', E' en un point M, contraintes et déplacements immédiats sont les mêmes que si le milieu était parfaitement élastique et avait pour coefficients en M,

$$\nu_0 = 0,5, \qquad E_0 = \frac{3}{4}\left(\frac{E}{1+\nu} + \frac{E'}{1+\nu'}\right).$$

Pression de l'eau :

$$q = \frac{E(1+\nu')n_2 + E'(1+\nu)n_1}{E(1+\nu') + E'(1+\nu)} \qquad (n_1 > n_2).$$

ÉLASTICITÉ ET RÉSISTANCE DES MATÉRIAUX. — *Considérations statistiques relatives à la sécurité des constructions.* Note (¹) de M. **Robert Lévi**, présentée par M. Albert Caquot.

En examinant le contenu de la notion de sécurité, en matière de construction, on en vient à définir l'insécurité par la probabilité de ruine de l'ouvrage considéré. Cette ruine qui peut se produire dès sa première utilisation ou dans un long délai est nécessairement la conséquence de la ruine d'un quelconque de ses éléments.

Pour chacun d'eux, on peut dire que la stabilité et la ruine se différencient par le sens d'une inégalité $\mathcal{F} \gtrless 0$ dans laquelle interviennent un grand nombre de variables; les unes sont l'abscisse d'une section courante et le temps; les autres, qui caractérisent les sollicitations de l'ouvrage, l'état des contraintes au sein du matériau et certaines données physiques propres au matériau sont des variables aléatoires.

(¹) Séance du 13 octobre 1947.

L'étude de la probabilité de ruine est commandée par le fait que cette quantité est rendue extrêmement faible grâce aux précautions qui sont prises normalement et qui sont parfois excessives.

Si $\mathcal{F}$ ne dépend que d'une variable aléatoire y, on peut caractériser par une valeur critique y_c de cette variable, la racine la plus probable de l'équation $\mathcal{F}(y) = 0$. A la variable y on associera une variable λ satisfaisant à la loi de Laplace-Gauss et possédant la même probabilité cumulative

$$\eta = \int_{\lambda}^{+\infty} \frac{e^{-x^2}}{\sqrt{\pi}}\,dx = \int_{y}^{+\infty} \varphi(x)\,dx \qquad \text{ou} \qquad \int_{-\infty}^{y} \varphi(x)\,dx.$$

$\varphi(x)\,dx$ définissant la probabilité de y afférente à l'intervalle x, $x + dx$.

La probabilité de ruine est égale à la valeur η_c de cette intégrale pour $y = y_c$. Or, cette probabilité possède l'approximation suivante :

$$\eta_c = \frac{e^{-\lambda_c^2}}{\left(2\lambda_c + \frac{1}{\lambda_c} + \ldots\right)\sqrt{\pi}} \approx \frac{e^{-\lambda_c^2}}{2\lambda_c\sqrt{\pi}}.$$

Par suite de la rapidité avec laquelle décroît l'exponentielle, λ_c varie très peu quand η varie dans l'ordre de grandeur dans lequel il est légitime de se tenir. Par exemple λ_c passe de 3,361 à 3,676 quand η_c passe de 10^{-6} à 10^{-7}. Si l'on cherche une probabilité de ruine inférieure à 10^{-6} et si l'on veut se couvrir d'une erreur de moitié dans son appréciation, il est suffisant d'attribuer à λ_c la valeur 3,45.

D'autre part la loi de dispersion de y n'est à considérer que dans l'intervalle qui suit immédiatement cette valeur.

Si la fonction $\mathcal{F}$ dépend du temps d'une manière non aléatoire, on doit prendre pour λ_c la racine la plus probable de $\mathcal{F} = 0$ dans tout le délai de service prévu.

Si $\mathcal{F}$ se met sous la forme $y_1 - y_2$, y_1 et y_2 étant des variables aléatoires indépendantes, et si nous substituons à celles-ci les fonctions λ_1 et λ_2, on observe, qu'étant donnée la rapide variation relative de la probabilité, il faut prendre pour λ_c, le minimum de $\sqrt{\lambda_1^2 + \lambda_2^2}$. Ceci définit les conditions dans lesquelles la ruine est la plus probable.

Le calcul est très simple si l'on suppose que le logarithme de la contrainte effective P suit la loi de Gauss et qu'il en est de même pour la contrainte R qui entraîne la ruine. On a alors :

$$\lambda_c = \frac{\log R_0 - \log P_0}{\sqrt{\eta(\alpha^2 + \beta^2)}},$$

où P_0 et R_0 représentent les valeurs moyennes de P et R, et α et β l'écart moyen de leur logarithme.

Cette formule mesure l'intérêt, quand on cherche à relever les taux de

travail, η_c et par conséquent λ_c étant limités à une valeur raisonnable, de réduire la dispersion des contraintes effectives et celle des caractéristiques du matériau.

ÉLASTICITÉ ET RÉSISTANCE DES MATÉRIAUX. — *L'essai de fatigue sous charge progressive.* Note (1) de M. **Marcel Prot**, présentée par M. Albert Caquot.

Les essais de fatigue, aujourd'hui classiques, se font en appliquant à l'éprouvette essayée une charge constante, charge qui produit un système de contrainte variant au cours de chaque cycle, mais dont l'amplitude maximum reste constante pendant toute la durée de l'essai. En portant, pour chaque éprouvette rompue, en ordonnée la contrainte maximum appliquée à cette éprouvette et en abscisse le nombre de cycles qu'elle a supportés avant de se rompre, on obtient une courbe d'allure hyperbolique dont l'asymptote définit la limite de fatigue ou limite d'endurance du matériau essayé.

Des considérations théoriques, vérifiées par l'expérience, nous ont montré que si l'on fatigue l'éprouvette sous une charge non plus constante, mais croissant proportionnellement au temps et telle que la contrainte maximum produite dans l'éprouvette au cours de chaque cycle soit de la forme $P = \alpha t$, α étant constant pour l'essai d'une éprouvette, mais variant d'une éprouvette à une autre, et que si l'on construit une courbe en portant en ordonnée, pour chaque éprouvette, la contrainte P_r réalisée au moment de la rupture et en abscisse la racine carrée du coefficient α de croissance de la charge, on obtient approximativement une droite dont l'intersection avec l'axe des ordonnées détermine la limite de fatigue du matériau essayé. Cette détermination est plus rapide et plus précise que la détermination habituelle, sous charge constante.

ASTROPHYSIQUE. — *Longueurs d'onde effectives stéréoscopiques de quarante-huit galaxies de l'amas de* Coma Berenices. Note (1) de M. **Jean Rösch**, présentée par M. Bernard Lyot.

J'ai indiqué par ailleurs (2) l'intérêt qu'il y aurait à essayer de tirer parti de la précision des déterminations stéréoscopiques de longueurs d'onde effectives, notamment pour les objets diffus, pour mettre en évidence, sur une large échelle, le déplacement vers le rouge du spectre des galaxies. Il convenait de s'assurer, en premier lieu, de la cohérence des mesures répétées sur un même objet, ce qui

(1) Séance du 13 octobre 1947.

(1) Séance du 13 octobre 1947.

(2) *Thèse*, Paris, 1943.

devait donner, par la même occasion, une idée de l'étendue du domaine dans lequel se placent les longueurs d'onde effectives des diverses galaxies.

J'ai réuni ici les résultats des mesures de trois clichés pris dans les conditions suivantes, sur l'amas de *Coma Berenices* ($\alpha = 12^h 56$, $\delta = +28°$)

Cliché A. — Équatorial photographique de la Carte du Ciel (Bordeaux); prisme de plaque en flint, angle 11°, dispersion moyenne 1400 Å/mm; plaque orthochromatique (*Lumichrome*), pose $2 \times 3^h 45$.

Cliché B. — Télescope de 80^{cm} de l'Observatoire de Haute-Provence; prisme de plaque composé à champ normal, dispersion moyenne 1000 Å/mm; plaque non orthochromatisée (*Superfulgur*), pose $2 \times 1^h 20$.

Cliché C. — Comme B, mais pose 2×2^h.

Quarante-huit galaxies ont été mesurées à la fois sur les clichés A et C et trente-sept d'entre elles l'ont été également sur le cliché B. Les clichés ayant été pris sans étalonnage, il ne s'agit que de mesures différentielles, suffisantes pour l'étude envisagée ici. Pour chaque cliché, les lectures au stéréoscope ont été rapportées à la valeur moyenne pour l'ensemble des galaxies mesurées prise comme zéro, puis transformées en angströms. Les graphiques ci-dessous qui

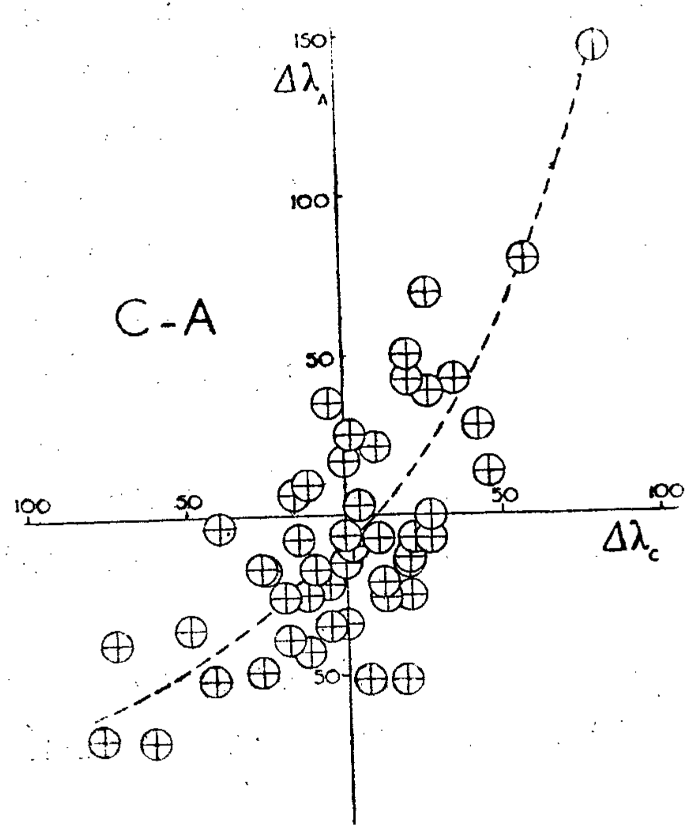


Fig. 1.

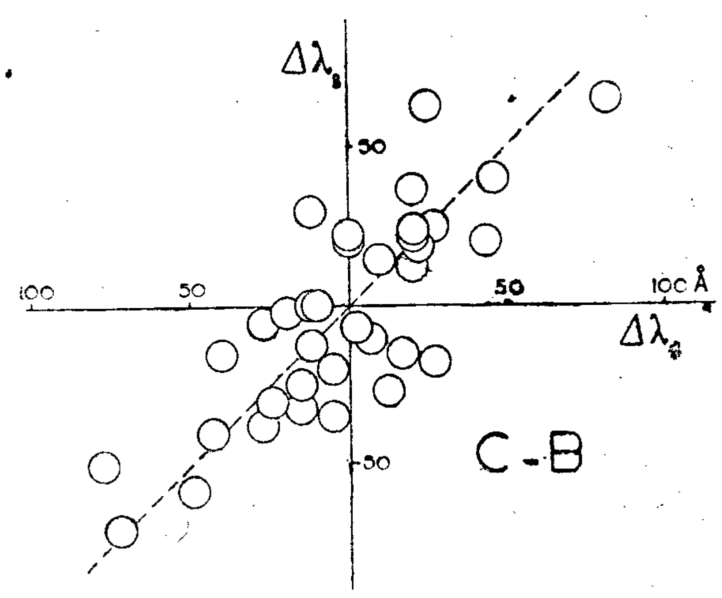


Fig. 2.

donnent, pour chaque galaxie, les quantités ainsi trouvées, $\Delta\lambda_A$ ou $\Delta\lambda_B$, en fonction de $\Delta\lambda_C$, appellent les remarques suivantes :

1° Les points dont les abscisses sont les mesures de C et les ordonnées les mesures de B, se répartissent autour de la première bissectrice avec un écart quadratique moyen de ± 15 Å, dans un intervalle total de 150 Å environ. La comparaison C-A, au contraire, donne, avec une dispersion du même ordre, une courbe s'étendant en ordonnées sur 220 Å ; il n'y a rien de surprenant à ce que les longueurs d'onde effectives obtenues avec une émulsion orthochromatique, dont le domaine spectral de sensibilité est plus étendu, s'échelonnent

dans un intervalle plus grand. Il semble difficile de ne pas reconnaître, d'après ces graphiques, que les mesures ont au moins une signification physique.

2° L'étendue du domaine dans lequel s'échelonnent les valeurs trouvées pour les diverses galaxies peut traduire, soit une différence réelle de couleur entre ces objets, soit un effet photographique. Si l'on classe, à l'estime, ces galaxies en quatre groupes par densités croissantes des images, on trouve qu'en moyenne, les plus denses sont les plus rouges; on pourrait donc penser à l'effet improprement appelé *effet Purkinje photographique;* mais en fait, la différence entre les moyennes des groupes extrêmes n'atteint pas le tiers de l'étalement total, les groupes empiètent largement les uns sur les autres et les densités de la plus bleue (Wolf 340) et des plus rouges (Wolf 306 et 308) sont moyennes et peu différentes. Cet effet, qui peut être étudié sur des séries de poses croissantes sur une même plaque, semble donc fortement noyé dans un étalement réel des couleurs des divers objets. Il n'est même pas certain qu'il soit responsable des résultats trouvés, car les galaxies à noyau central important et relativement rouge, comme on le sait, pourraient précisément donner des images plus denses que celles qui sont moins condensées. D'ailleurs, les mesures photoélectriques d'indices de couleur faites par Stebbins et Whitford ([3]), sur une centaine de galaxies, s'étendent sur $0^m,7$ environ, du type F2 au type G8, ce qui correspond, en longueurs d'onde effectives sur plaques *non orthochromatiques,* à un intervalle de 100 à 150 Å selon les auteurs. De même, toujours sur plaques non orthochromatiques et par la méthode de la grille, Lindblad et Lundmark ([4]) ont trouvé, sur 18 galaxies, des valeurs extrêmes différant de 150 Å. Le résultat trouvé ici semble donc très normal.

3° J'ai montré ([5]) qu'on pouvait s'attendre à une augmentation de longueur d'onde effective de l'ordre de 40 Å pour un déplacement du spectre correspondant à une vitesse d'éloignement de 10000 km/sec, et j'ai précisé la méthode à employer pour s'affranchir des différences intrinsèques de *longueurs d'onde effectives au repos.* Les mesures rapportées ici montrent qu'il est indispensable, en effet, de tenir compte de ces différences et que la précision atteinte permet d'escompter la mise en évidence, par ce procédé, du déplacement vers le rouge.

THERMODYNAMIQUE. — *Remarques au sujet de l'équation d'état des fluides.* Note de M. **Dragolioub Milosavliévitch**, présentée par M. Aimé Cotton.

En dehors de van der Waals, un grand nombre de physiciens se sont occupés de la recherche de l'équation d'état des gaz et des liquides. Il faut

([3]) *Astrophysical Journal*, 86, 1937, p. 247.
([4]) *Astrophysical Journal*, 50, 1919, p. 376.
([5]) *Annales d'Astrophysique*, 7, 1944, pp. 10 et suiv.

particulièrement mentionner D. Berthelot (1903) et A. Wohl (1914). Les équations proposées se distinguent de celle de van der Waals en ce qu'elles partent d'hypothèses plus précises sur les forces moléculaires et sur le volume propre des molécules, de même que sur leurs variations en fonction de la température. On a ainsi poussé plus loin l'accord avec l'expérience en écrivant des équations d'état réduites appropriées. Ces prolongements permettent de réaliser, non pas un changement de point de vue, mais seulement une extension de la théorie de van der Waals.

En cherchant l'équation d'état de la matière, je suis parti d'hypothèses nouvelles, tout à fait différentes de celles de van der Waals.

1° L'équation d'état contient, en dehors des grandeurs variables de pression p, de volume v et de température T, des grandeurs constantes qui ont une signification physique bien déterminée. Je les appelle les paramètres d'état thermique des corps, et ce sont : la constante des gaz parfaits r, la pression p_k, le volume v_k et la température T_k du point critique, de même que la pression $p_{k'}$, le volume $v_{k'}$ et la température $T_{k'}$ du point triple, où $v_{k'}$ a trois valeurs : une pour l'état solide, l'autre pour l'état liquide, et la troisième pour l'état gazeux.

2° Tous les termes de l'équation d'état sont sans dimension.

3° L'équation d'état n'est pas une équation algébrique comme celle de van der Waals; c'est une équation dans laquelle la fonction naturelle e^x joue le rôle principal.

En tenant compte des hypothèses exposées ci-dessus, nous avons trouvé pour le gaz carbonique (CO_2) et pour le cyclohexane (C_6H_{12}) que l'équation pour les états correspondant aux courbes de saturation s'écrit

$$\frac{rT}{pv} = e^{\left(1-\frac{pv}{rT}\right)\left[1+\frac{v_k}{v}\varphi(T)\right]} \tag{1}$$

ou bien

$$\frac{\ln\frac{rT}{pv}}{1-\frac{pv}{rT}} - 1 = \frac{v_k}{v}\varphi(T), \tag{2}$$

où ln désigne le logarithme naturel. Si l'on pose pour le liquide bouillant

$$u' = \frac{\ln\frac{rT}{pv'}}{1-\frac{pv'}{rT}} - 1 \tag{3}$$

(v' étant le volume du liquide bouillant), et pour la vapeur saturée

$$u'' = \frac{\ln\frac{rT}{pv''}}{1-\frac{pv''}{rT}} - 1 \tag{4}$$

(v'' étant le volume de la vapeur saturée), l'équation (2) donne

$$u' = \frac{v_k}{v'}\varphi(p, T) \qquad \text{et} \qquad u'' = \frac{v_k}{v''}\varphi(p, T),$$

d'où

$$(5) \qquad \frac{u'}{u''} = \frac{v''}{v'}.$$

La vérification des équations (2) et (5), d'après les valeurs expérimentales que l'on trouve dans les Tables pour p, v et T, donne des résultats satisfaisants.

THERMODYNAMIQUE. — *Sur la loi d'échange d'un corps dissous entre deux de ses solvants non miscibles mis en présence.* Note de M. **Adrien Mondiez**, présentée par M. Joseph Pérès.

D'après Berthelot et Jungfleisch, la répartition d'un corps entre deux de ses solvants non miscibles et mis en contact se fait de telle façon que ses concentrations finales y soient dans un rapport constant avec la température. Par conséquent, si ces concentrations finales sont C et c et si Γ et γ sont les solubilités, on peut écrire

$$(1) \qquad \frac{C}{c} = \frac{\Gamma}{\gamma} \quad \text{ou} \quad \frac{C}{\Gamma} - \frac{c}{\gamma} = 0.$$

Quand les concentrations ne satisfont pas cette dernière égalité (1), un échange de corps dissous se produit entre les deux solutions, et le poids dP qui passe de l'un à l'autre dans le temps $d\theta$ peut s'écrire

$$(2) \qquad dP = f\left(\frac{C}{\Gamma}, \frac{c}{\gamma}\right) d\theta,$$

où f doit s'annuler avec $(C/\Gamma) - (c/\gamma)$. Par analogie avec ce qui a été fait pour la chaleur, l'électricité, l'évaporation, etc., nous avons supposé que f était proportionnel à $(C/\Gamma) - (c/\gamma)$. Considérant en outre comme évident que f doit aussi être proportionnel à la surface de contact, nous avons été conduit à écrire la loi d'échange sous la forme

$$(3) \qquad dP = qS\left(\frac{C}{\Gamma} - \frac{c}{\gamma}\right) d\theta.$$

Si C et c, Γ et γ représentent des poids du corps dissous dans l'unité de volume des deux solvants, on a aussi, en supposant que c'est la solution C qui cède du corps dissous

$$(4) \qquad dP = -V\,dC = v\,dc.$$

Ces deux égalités permettent de calculer par une intégration facile C ou c en fonction du temps θ, aucun autre paramètre ne variant avec lui, mais toutes les dispositions étant prises pour qu'à chaque instant le corps dissous soit uniformément réparti dans chacun de ses solvants.

Pour vérifier la loi (3), nous avons utilisé une solution de nicotine dans de l'eau ammoniacale, prise dans l'atelier de dénicotinisation d'une Manufacture de Tabacs, mise en présence de pétrole, comme cela se fait dans l'échangeur Boquien où l'on sépare ainsi la nicotine de l'eau ammoniacale pour pouvoir la transformer ensuite en sulfate. Pour simplifier la formule, nous avons toujours réalisé l'égalité de V et v, ce qui donne en vertu de (4)

$$C + c = \text{const.} = A. \tag{5}$$

Nous avons enfin posé

$$\frac{1}{\Gamma} = \beta \quad \text{et} \quad \frac{1}{\Gamma} + \frac{1}{\gamma} = \delta, \tag{6}$$

ce qui nous a donné pour la concentration c dans le pétrole, l'égalité en logarithmes vulgaires

$$\log\left(A\frac{\beta}{\delta} - c\right) = \log\left(A\frac{\beta}{\delta} - c_0\right) - 0,434\,\delta q S\,\frac{\theta}{V}, \tag{7}$$

où c_0 était la valeur initiale de c.

La séparation des deux solvants se faisait naturellement grâce à leurs densités différentes. L'uniformité des concentrations a été obtenue dans l'appareil final par deux hélices montées sur l'axe vertical de la cuve, mues par un petit moteur et placées chacune dans un des deux liquides de façon à ne pas troubler la surface de séparation qui devait rester invariable.

Pour chacune des séries d'expériences entreprises, il a été alors possible de déterminer les paramètres $A(\beta/\delta)$ et $0,434\,\delta q S$, de telle façon que les écarts entre les valeurs de c calculées par (7) et mesurées n'ont jamais atteint 10 % des valeurs mesurées, malgré que chaque série ait comporté 18 prélèvements de pétrole échelonnés de diverses manières sur 4 jours en moyenne.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Contribution à l'étude théorique de la distillation moléculaire par cycles.* Note [1] de M. **Pierre Laurent** et Mme **Marie-Jeanne Duhamel**, transmise par M. Paul Pascal.

La distillation moléculaire a pris ces dernières années une importance industrielle et de nombreuses études sont venues augmenter les connaissances de cette technique nouvelle.

Nous nous sommes proposé de trouver des bases, ou des compléments de bases théoriques à un certain nombre de résultats obtenus, notamment par Embree [2] et Hickmann [3].

En employant les notations habituelles, la distillabilité D d'un produit pur

---

[1] Séance du 13 octobre 1947.

[2] *Ind. Eng. Chem.*, 29, 1937, p. 975.

[3] *Ind. Eng. Chem.*, 29, 1937, p. 968.

est donnée par l'équation de Langmuir

$$D = K\frac{PS}{\sqrt{2\pi MRT}} \qquad \text{avec} \quad \log P_s = -\frac{\Delta H}{RT} + \beta,$$

où β est une constante pour un composé déterminé et loin du point critique.

Lors d'une distillation à la température T par cycles de durée constante θ, la quantité Q de produit qui distille est proportionnelle à : 1° la distillabilité D; 2° à la durée du cycle θ; 3° à la température T; 4° à la quantité de produit qui reste à distiller, donc le résidu du cycle précédent. Et l'on peut écrire

$$Q(T) = \theta D(T)\left[1 - \sum_{T_0}^{T-\Delta T} Q(T)\right],$$

la quantité initiale étant représentée par 1, et $\sum_{T_0}^{T-\Delta T} Q(T)$ représentant la somme des quantités distillées dans les cycles précédents, le cycle immédiatement antérieur étant effectué à la température $T - \Delta T$.

Si les intervalles de température sont assez petits, on peut admettre que Q(T) a pour limite la fonction continue

$$Q(T) = \theta D(T)\left[1 - \int_{T_0}^{T} Q(T)\,dT\right],$$

qui donne après résolution

$$Q(T) = \theta D(T)\, e^{-\int_{T_0}^{T}\theta D(T)\,dT},$$

et en explicitant les différents termes

$$Q(T) = \frac{k\theta e^{\beta} S e^{-\frac{\Delta H}{RT}}}{\sqrt{2\pi MRT}}\, e^{-k\theta\int_{T_0}^{T}\frac{e^{\beta} S e^{-\frac{\Delta H}{RT}}}{\sqrt{2\pi MRT}}\,dT}.$$

La courbe représentative de cette fonction Q(T) passe par un maximum dont l'abscisse $\mathcal{T}$ est définie par l'équation non résolue

$$(1) \qquad \frac{\Delta H}{R\mathcal{T}^2} - \frac{1}{2\mathcal{T}} - \frac{ke^{\beta}S}{\sqrt{2\pi R}}\,\frac{e^{-\frac{\Delta H}{R\mathcal{T}}}}{\sqrt{M\mathcal{T}}} = 0.$$

L'examen de cette expression de la forme $f(\mathcal{T}, \theta, M) = 0$ permet un certain nombre de conclusions intéressantes sur les variations de la température du maximum considérée successivement comme fonction de T_0, θ et M.

1° *Influence de la température initiale de la distillation.* — Sous sa forme actuelle, l'équation (1) montre que $\mathcal{T}_0$ est indépendant de T_0, donc indépendant de la température à laquelle le premier cycle a été fait, ce qui avait été déterminé expérimentalement.

2° *Influence de la durée du cycle.* — Si l'on pose $\mathcal{T} = T_1 + \Delta T$, T_1 étant une température quelconque de l'intervalle de distillation effective, on a pratiquement ΔT petit devant T_1. L'équation (1) peut alors se mettre sous la forme

$$\mathcal{T} = \varphi - \psi \log \theta,$$

φ et ψ ne dépendent pas de θ. Si θ croît en progression géométrique, $\mathcal{T}$ doit donc décroître en progression arithmétique, fait également constaté lors d'expériences systématiques.

3° *Influence du poids moléculaire* (M). — Il avait été constaté que pour une série homologue de composés, tels que les acides gras (laurique et stéarique) (4) ou bien les colorants anthraquinoniques N, N' (diméthyl à diamile) (5), une différence de poids moléculaire d'un groupe éthylène augmentait $\mathcal{T}$ d'environ 9°. Cette coïncidence remarquable pour deux séries de composés si différents peut être également interprétée.

Avec les mêmes conventions que précédemment, on peut écrire l'équation (1) en explicitant le poids moléculaire M du composé qui distille

$$\mathcal{T} = X + Y \log M,$$

où pratiquement X et Y ne dépendent pas de M. Si l'on pose $\mathcal{T}_0 = X + Y \log M_0$, et que l'on donne à M des accroissements μ petits devant M_0 (ce qui est expérimentalement le cas), cette expression peut s'écrire en première approximation

$$\mathcal{T} = \mathcal{T}_0 + Y \frac{\mu}{M_0},$$

d'où il ressort clairement que $\mathcal{T}$ est une fonction linéaire du poids moléculaire du produit distillant.

CHIMIE-PHYSIQUE. — *Contribution à la théorie électrostatique de la liaison hydrogène.* Note de Mlle **Pauline Maladière** et M. **Michel Magat**, présentée par M. Jean Cabannes.

Il y a quelques années, l'un d'entre nous a développé une théorie électrostatique de la liaison hydrogène (1) (2), théorie qui arrivait à expliquer, tout au moins en ce qui concerne les ordres de grandeur, la plupart des phénomènes connus à cette époque. Depuis, un certain nombre d'autres faits concernant la liaison hydrogène ont été établis, et il nous a paru intéressant de voir dans quelle mesure ceux-ci pouvaient être expliqués par la théorie électrostatique.

Considérons par exemple la variation de la polarisation des solutions d'alcool dans des solvants non polaires en fonction de la concentration en

---

(4) E. L. B. Gray et J. D. Cawlay, *J. Biol. Chem.*, 134, 1940, p. 397.

(5) K. C. D. Hickmann et E. L. B. Gray, *Ind. Eng. Chem.*, 30, 1938, p. 801.

(1) E. Bauer et M. Magat, *J. de Phys.*, 8, 1938, p. 319.

(2) M. Magat, *Thèse*, 1936; Mecke, *Naturwissenschaften*, 27, 1939, p. 583.

alcool : à de faibles concentrations, la polarisation observée est plus faible que la somme des deux composantes; à de hautes concentrations, elle est plus élevée. D'après Prigogine et Mecke ([3]), cela résulte du fait que, aux faibles concentrations, les molécules s'associent deux par deux, les groupements OH étant antiparallèles, tandis qu'aux concentrations plus élevées, les molécules s'associent en formant une chaîne infinie.

Nous avons calculé l'énergie d'interaction entre deux molécules en supposant d'abord que les liaisons OH sont antiparallèles (position I), ensuite que la liaison OH de la molécule b se plaçait soit de façon que les liaisons $O - CH_3$ soient parallèles (position II_α), soit dans le prolongement du dipôle résultant, les deux molécules étant dans le même plan (position $II_{\beta 1}$) ou dans des plans formant 120° (position $II_{\beta 2}$). Nous avons étendu le calcul au cas de trois et de quatre molécules. Dans ce dernier cas, nous avons envisagé les positions suivantes : 1° 2 paires de molécules, chaque paire en position I, se trouvent soit dans le même plan (position $IV_{\alpha 1}$), soit dans deux plans parallèles (position $IV_{\alpha 2}$); 2° les quatre molécules forment une chaîne (IV_γ).

La distribution des charges a été évaluée de la manière suivante : elle devait donner des moments corrects, tant pour les moments des liaisons OH et $O - CH_3$ que pour toute la molécule. D'autre part, la liaison OH a été supposée être 42 % ionique ([4]). On a obtenu ainsi les valeurs suivantes : charge de l'hydrogène : $0,42 \times e = 2,0 . 10^{-10}$ u. e. s.; charge du groupe CH_3 : $0,17 \times e = 0,8 . 10^{-10}$ u. e. s. Le centre des charges négatives C est distant du noyau d'oxygène de 0,2 Å, la direction de $O - C$ faisant un angle de 93° avec $O - CH_3$.

Le potentiel des forces de dispersion a été calculé d'après la formule de London

$$D = \frac{3}{4}\left[\frac{I\alpha^2}{r^6}\right] \text{el. v.};$$

il ne dépend pas de l'orientation des molécules. Il n'existe actuellement aucune formule simple permettant de calculer le potentiel de répulsion. Nous avons essayé la forme en b/r^n avec $b = 11,3 \times 10^{-10}$ erg $Å^{16}$, $n = 16$ ([2]). La formule d'Eyring ([5]) donne la même valeur d'énergie répulsive à la distance d'équilibre des oxygènes (2,7 Å), si l'on admet que la liaison OH est 42 % ionique. Pour des distances supérieures, l'accord entre ces deux lois devient mauvais, tandis qu'il est meilleur entre la formule d'Eyring et la forme exponentielle ajustée à la distance d'équilibre.

([3]) PRIGOGINE, *Contribution à l'étude spectroscopique dans l'infrarouge proche de la liaison hydrogène et la structure des solutions*, Thèse, Bruxelles, 1943.

([4]) Pauling indique 39 %. Les calculs que nous avons effectués pour rendre compte des forces de répulsion d'après la théorie d'Eyring (6) nous ont conduits à la valeur adoptée.

([5]) *J. Amer. Chem. Soc.*, 54, 1932, p. 3191.

La contribution des forces de polarisation a été calculée d'après la formule approchée

$$P = 2\frac{(\mu \cos\theta)^2 \alpha}{r^6}.$$

Les résultats de nos calculs sont donnés par le tableau suivant :

Énergies (ergs.10[13]). Positions...	I.	II_α.	$II_{\beta 1}$.	$II_{\beta 2}$.	IV_{α_1}.	IV_{α_2}.	IV_γ.
Électrostatique	−2,3	−2,7	−2,76	−2,76	−5,8	−5,02	−8,97
Dispersion	−0,6	−0,6	−0,6	−0,6	−1,54	−1,66	−1,89
Répulsion	+0,9	+1,76	+1,76	+1,76	+1,8	+1,8	+5,28
Polarisation	−0,45	−0,44	−0,4	−0,4	−0,9	−0,9	−1,23
Total	−2,45	−1,98	−2	−2	−6,44	−5,78	−6,8

On voit que pour deux molécules, la position antiparallèle des dipôles correspond à l'énergie potentielle minimum. Mais dans le cas où l'on a des ensembles de trois ou quatre molécules, ce qui devient fréquent quand la concentration en alcool augmente, c'est la position en chaîne qui est la plus stable.

Nous croyons donc que la théorie électrostatique est parfaitement capable d'expliquer les faits observés.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Construction d'un nouveau viscosimètre hélicoïdal pour l'étude des solutions étendues.* Note de M. **Robert Darmois**, présentée par M. Jean Cabannes.

Afin de réaliser différentes mesures viscosimétriques relatives sur les alginates de soude (¹), nous avons construit précédemment plusieurs viscosimètres à écoulement et à niveaux superposés. Les différents modèles utilisés étaient spécialement conçus pour l'étude des solutions étendues. L'eau pure y présentait des temps d'écoulement de plusieurs minutes. Ces appareils, bien que très précis, ont néanmoins deux légers inconvénients : leur tube capillaire a la forme d'un siphon en S de hauteur 30cm environ; ils sont donc très fragiles et nécessitent l'emploi d'un thermostat haut et encombrant; de plus, une partie du capillaire en S se trouve au-dessus de l'olive contenant le volume du liquide dont on détermine le temps d'écoulement; on peut alors objecter que, durant la mesure, le liquide contenu dans cette partie du capillaire est soumis à des pressions négatives et ne remplit plus les conditions d'un écoulement *à la Poiseuille*.

Pour parer à ces désavantages, nous avons imaginé un nouveau type d'appareil. Comme dans les modèles antérieurs, le capillaire s'adapte sur le

(1) R. Darmois, *Comptes rendus*, 221, 1945, p. 659.

réservoir par un rodage et descend jusqu'à 2^{mm} du fond environ, de manière à réduire à une valeur de 10^{cm^3} le volume de liquide nécessaire à la mesure. Ce capillaire a la forme d'une hélice circulaire d'axe vertical. L'olive dans laquelle on aspire le liquide à étudier est soudée immédiatement au-dessus de cette hélice. La forme ramassée de l'appareil permet de donner au capillaire une longueur plus grande tout en conservant une pression d'écoulement faible, puisque la distance verticale des niveaux du liquide dans le réservoir et dans l'olive reste inférieure à 15^{cm}. Il en résulte un écoulement capillaire relativement lent, même en donnant à la section intérieure de l'hélice un diamètre assez grand (de $0^{mm},5$ à $0^{mm},7$), afin d'éviter les risques d'obstruction de l'appareil.

Pour consolider l'appareil, on a soudé un pied horizontal au-dessus de l'olive, ce pied venant prendre appui librement sur le tube vertical du réservoir. L'ensemble est maintenu rigide par un fil de serrage.

Il a été construit sur ce modèle cinq nouveaux viscosimètres pour lesquels les temps d'écoulement de l'eau pure sont compris entre 30 secondes et 30 minutes.

Nous avons déjà utilisé ces appareils pour effectuer sur l'eau de la mer Méditerranée différentes mesures dont les résultats seront publiés prochainement.

CINÉTIQUE CHIMIQUE. — *Sur les effets chimiques de la décharge électrique.* Note [1] de M. **Charles Eyraud**, transmise par M. Paul Pascal.

Briner et ses collaborateurs [2] ont comparé les effets chimiques de la décharge électrique en courant continu et en courant alternatif à différentes fréquences (50 à 10^7 cycles/seconde). Disposant d'un générateur industriel de 300 watts, capable de fournir un courant parfaitement sinusoïdal dans la gamme de fréquences 2 à 20 mégacycles, il nous a paru utile d'étudier avec cet appareil les rendements de la synthèse de l'oxyde azotique, et de mettre en évidence le rôle de la fréquence sur le rendement énergétique et le rendement chimique. Il nous a paru préférable dans ce but de comparer les arcs de haute fréquence à l'arc continu, plutôt qu'à l'arc de basse fréquence, afin d'éviter les phénomènes liés aux pointes d'allumage. Nous avons toujours utilisé le régime de décharge à caractéristique descendante (arc), et non celui à caractéristique ascendante (effluve).

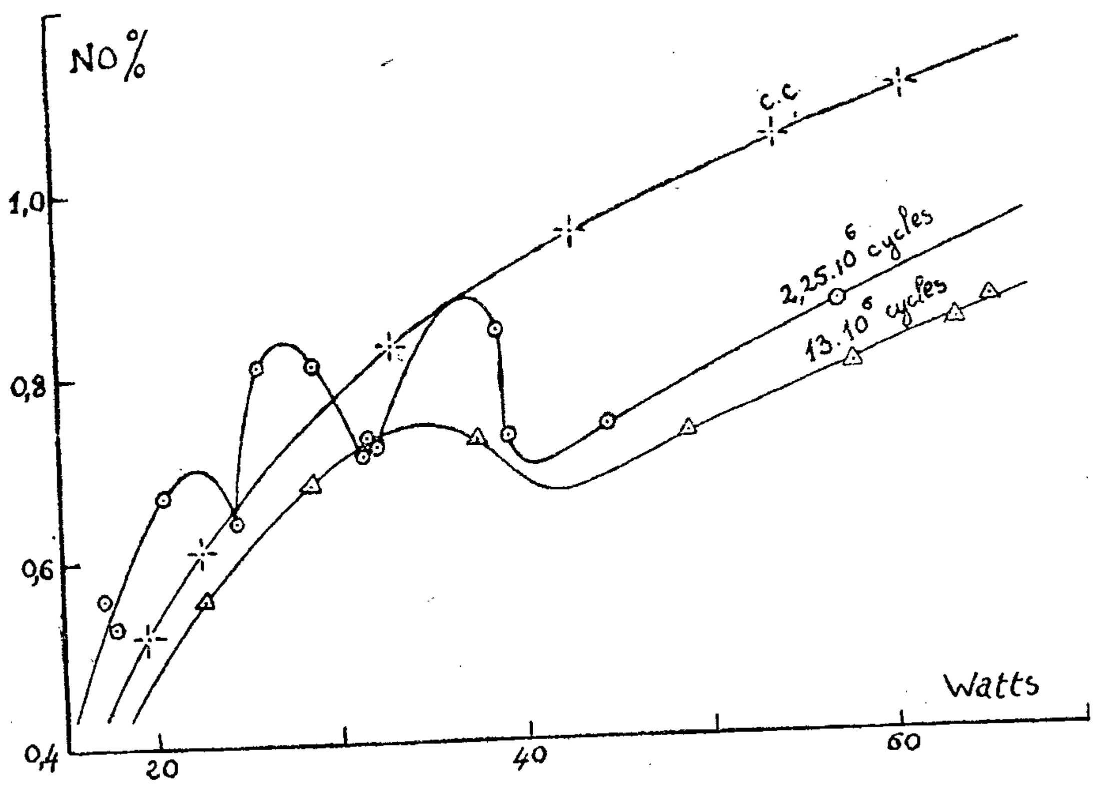
L'arc est établi entre électrodes de platine dont l'inaltérabilité évite la formation de points d'impact privilégiés. Nous avons préféré à la méthode oscillographique, toujours très délicate à réaliser correctement à ces fréquences, une méthode calorimétrique qui,

(1) Séance du 13 octobre 1947.

(2) *Helv. Chim. Acta*, **19**, 1936, pp. 287, 308, 320, 1074; **21**, 1938, p. 134; **22**, 1939, p. 1096; **25**, 1942, pp. 530, 889; **28**, 1945, p. 714.

réalisée dans les conditions ci-après, ne peut donner lieu qu'à des erreurs très limitées dans la mesure de la puissance de l'arc. Le calorimètre est muni d'une paroi interne opaque qui évite toute perte d'énergie par rayonnement lumineux. L'expérience nous a montré qu'une mesure statique, qui utilise des différences de températures stabilisées, est défectueuse, car l'arc n'atteint son régime d'équilibre qu'après plusieurs minutes, du fait d'un lent échauffement des électrodes. Une mesure dynamique s'impose donc. Elle consiste à mesurer la vitesse de montée de la température, lorsque cette vitesse est devenue constante. L'étalonnage est assuré par une résistance de 15 ohms environ, immergée dans le liquide calorimétrique (pétrole) et traversée par un courant stabilisé. Dans les exemples qui suivent, le débit gazeux traversant le four est constant et égal à 31 l/heure.

La figure ci-contre donne la variation du rendement chimique en fonction de



la puissance d'arc, à distance constante d'électrodes, pour le courant continu et les deux courants de fréquences 2,25 et 13 mégacycles. Elle montre :

1° Qu'aux très faibles puissances, les courbes se rapprochent pour les faibles distances d'électrodes, quelle que soit la nature du courant ([3]).

2° Qu'aux puissances assez élevées, la décharge de haute fréquence donne un rendement nettement inférieur à la décharge continue.

3° Que pour un intervalle limité de puissances entre ces deux cas extrêmes, la courbe relative à une décharge de haute fréquence présente des maxima et minima accentués. Le phénomène est encore plus prononcé lorsque sont utilisées des électrodes en cuivre.

Certains de ces maxima révèlent que les rendements énergétiques (gramme d'acide par kWh) de la décharge haute fréquence sont alors, comme l'avait affirmé Briner (*loc. cit.*), nettement supérieurs à ceux de la décharge continue. Mais le gain est nettement limité, et dans nos essais n'a jamais dépassé 30 %, valeur qui semble être en accord avec les conclusions récentes de Briner, Hœfer et Kundig ([4]).

([3]) Pour de fortes distances d'électrodes ces courbes se confondent alors.

([4]) *Helv. Chim. Acta*, 30, 1947, p. 1005.

Les singularités dans les rendements n'avaient jamais été signalées jusqu'ici. Elles nous paraissent caractéristiques de phénomènes de résonance, et leur interprétation fera l'objet d'une publication ultérieure.

ADSORPTION. — *Isotherme d'adsorption activée sur une surface hétérogène.* Note [1] de MM. **Marcel Prettre** et **Olivier Gœpfert**, transmise par M. Paul Pascal.

L'adsorption activée que l'on observe généralement quand on met en présence un catalyseur et l'une des individualités d'un système chimique sensible à l'intervention de cette masse de contact, ne saurait se produire que si se manifeste une forte interaction gaz-solide, et celle-ci ne peut s'exercer qu'à très faible distance. Pour cette raison, l'adsorption activée est toujours unimoléculaire. Si la surface est douée de propriétés adsorbantes identiques en tous ses points, l'adsorption doit satisfaire à l'isotherme de Langmuir [2]

$$v = v_m \frac{bp}{1+bp}. \tag{1}$$

Dans cette expression, v est le volume adsorbé à la pression p et il tend plus ou moins rapidement vers le volume limite v_m selon la valeur de b qui dépend essentiellement de l'énergie mise en jeu par l'adsorption.

Mais il est rare qu'une surface catalytique fasse preuve en tous ses points d'une même affinité pour le gaz adsorbable. C'est ce que nous avons constaté dans le cas de l'adsorption d'hydrogène par un catalyseur à base de nickel et kieselguhr utilisé par l'un de nous pour une étude cinétique antérieure [3]. Ainsi à 438° K., les volumes absorbés par un échantillon de cinq grammes de catalyseur sont :

$p=$	0,2	3,7	28,4	102,2	319,93	377,0	656,4^{mm} Hg
$v=$	5,36	11,66	16,30	19,83	22,47	22,97	23,54$^{cm^3}$

et ces résultats ne satisfont pas à l'équation (1). Le phénomène observé est donc la résultante d'une série d'adsorptions simultanées sur des plages différentes de la surface, chaque plage étant caractérisée par un volume limite v_m et une constante b. Pour décrire l'adsorption sur une telle surface hétérogène, il convient donc de la diviser en un certain nombre de surfaces élémentaires, et de chercher les valeurs plausibles de v_m et b pour chacune d'entre elles. Dans le cas présent, il suffit de prendre en considération trois types de plages caractérisés par les paramètres suivants :

---

(1) Séance du 13 octobre 1947.

(2) *J. Am. Chem. Soc.*, **40**, 1918, p. 1361.

(3) O. Gœpfert, *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 340.

	Types 1.	2.	3.
v_m (cm³)	8	8	8,5
b »	8	0,2	0,01

pour obtenir trois volumes partiels v_1, v_2 et v_3, dont la somme v_c est, comme le montre la différence $v - v_c$ au tableau ci-dessous, en accord aux erreurs d'expérience près avec les volumes mesurés v :

p (mm/Hg)	0,2	3,7	28,4	102,2	319,9	377,0	656,4
v_1 (cm³)	4,92	7,74	7,96	7,99	8,00	8,00	8,00
v_2 »	0,31	3,40	6,80	7,63	7,88	7,90	7,94
v_3 »	0,01	0,31	1,88	4,29	6,47	6,72	7,38
v_c »	5,24	11,45	16,64	19,91	22,35	22,62	23,32
$v - v_c$ »	+0,12	+0,21	−0,34	−0,08	+0,12	+0,35	+0,22

Cet accord ne tend nullement à montrer que le catalyseur étudié est doté de trois types de plages adsorbantes. Il met seulement en évidence les différences considérables d'affinité que possèdent vis-à-vis d'un même gaz adsorbable les diverses portions actives d'une masse de contact.

De nombreuses autres isothermes d'adsorption activée sur catalyseurs ont pu être également décrites par une somme d'isothermes de Langmuir, et la méthode proposée dans la présente Note paraît dès à présent susceptible d'apporter une explication quantitative de l'adsorption unimoléculaire sur une surface hétérogène.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Nouvelles recherches sur la fonction α-pyridone : polyméthylène* bis-*pyridones*. Note (1) de MM. **Jean-Albert Gautier** et **Jean Renault**, présentée par M. Marcel Delépine.

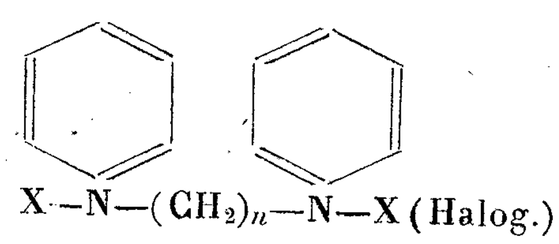
L'un de nous a montré que l'oxydation ferricyanhydrique préconisée par Decker conduisait régulièrement à l'obtention d'α-pyridones très diversement substituées à l'azote, au départ des composés pyridiniums quaternaires correspondants (2); on connaît, d'autre part, des *bis*-pyridiniums tels que (I), dont diverses séries ont fait l'objet d'études récentes (3). En considération de l'intérêt que présentent fréquemment les corps à molécule doublée (composés *bis*), nous nous sommes attachés à préparer, à partir des sels (I), des combinaisons du type (II), contenant deux fois la fonction α-pyridone, et nous avons procédé à

(1) Séance du 13 octobre 1947.

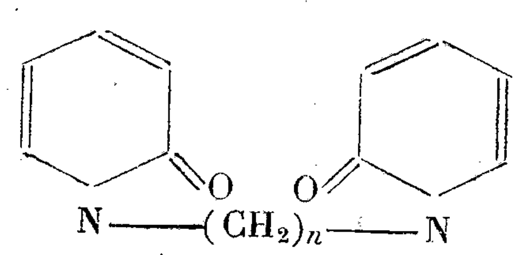
(2) J. A. Gautier, *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 1124; **198**, 1934, p. 1430; **203**, 1936, p. 794.

(3) J. A. Gautier et E. Leroi, *Comptes rendus*, **216**, 1945, p. 669; **218**, 1944, p. 200, et E. Leroi, *Thèse* (Pharmacie), Paris, 1945.

l'étude de ces *bis-α-pyridones* et de leurs produits de transformation.



(I)



(II)

La présente Note décrit le mode d'obtention et les caractères d'un certain nombre de ces *bis*-pyridones.

Nous avons utilisé, comme matière première, des sels *bis*-quaternaires (I) à chaînes polyméthyléniques entre azotes de longueur croissante $n = 2, 3, 4, 5, 6$. Ces différents sels étaient préparés par condensation directe à chaud de 2[mol] de pyridine avec 1[mol] de carbure d'hydrogène dihalogéné symétrique (voir E. Leroi, *loc. cit.*). Le terme $n = 4$, non obtenu jusqu'ici, fut isolé ainsi en chauffant en milieu alcoolique la pyridine avec le dibromo-butane 1—4, il forme des cristaux F 239° (déc.); dipicrate correspondant F 207° (déc.).

Le composé *bis*-quaternaire en solution aqueuse saturée est ajouté à une solution saturée de $Fe(CN)_6K_3$, ce sel étant pris en quantité théorique (1320g/mol.). On introduit alors dans le mélange, goutte à goutte et sous agitation, une lessive de soude en proportion double de la théorie (48og de NaOH par mol.). Le liquide doit être maintenu aux environs de 0°, sauf dans les cas ($n = 4$, $n = 6$), où tend à précipiter un ferricyanhydrate de base quaternaire peu soluble à froid. On est amené alors à réchauffer jusqu'aux environs de 40°; à cette température, on observe une légère décomposition du *bis*-pyridinium avec apparition de vapeurs agressives à odeur d'humus ([4]).

Après addition de la soude, on laisse en repos 24 heures; la *bis*-pyridone, peu soluble dans l'eau, commence à se séparer. On l'extrait par $CHCl_3$ après neutralisation de l'alcali par CO_2; on chasse le solvant et l'on distille dans le vide le résidu de *bis*-pyridone. On peut recristalliser de C_6H_6. Les rendements sont bons, sauf pour le terme $n = 2$; le terme $n = 1$ n'a pu être isolé : le sel de monométhylène-*bis* pyridinium est décomposé par le réactif oxydant avec régénération de pyridine.

Les *bis*-α-pyridones obtenues forment des substances cristallines ou huileuses, distillables sous pression réduite, solubles dans les solvants organiques usuels, sauf l'éther. Bien qu'une certaine tendance à se colorer à l'air et à la lumière les rapproche des aminophénols, on retrouve surtout, dans leur comportement chimique, les particularités du noyau α-pyridonique; elles sont de caractère neutre (dichlorhydrates dissociés et peu stables); elles présentent les réactions de coloration (Cl_3Fe, $Cl_3Fe + O_2H_2$) décrites pour les α-pyridones ([5]); comme ces dernières, elles réduisent MnO_4K à froid et décolorent l'eau de brome; l'acide picrique les transforme en dipicrates bien cristallisés (alcool); enfin,

([4]) Ces produits volatils représentent vraisemblablement les composés hydropyridiques, témoins constants de l'action des alcalis forts sur les bases pyridiniums, signalés par Hofmann et par Decker.

([5]) J.-A. Gautier, *Thèse Doctorat* (Sciences), Paris, 1937.

autre propriété spécifique de la fonction α-pyridone, chacun des deux noyaux de leur molécule est converti par PCl_5 en chloro 2-pyridine; cette dernière réaction se produit quand on chauffe en tube scellé la *bis*-pyridone en présence de $PCl_5 + POCl_3$; après ouverture du tube, on jette dans l'eau, neutralise par CO_3Na_2 et extrait à l'éther la pyridine α-chlorée; Rt 60 %.

D'autre part, les *bis*-α-pyridones peuvent, comme les mono-pyridones, être hydrogénées aisément par catalyse, chacun des deux noyaux pyridoniques se trouvant converti en cycle α-pipéridonique saturé; cette dernière réaction, qui conduit à des espèces chimiques susceptibles de transformations intéressantes, sera décrite de façon plus détaillée dans une prochaine publication.

Description des bis-α-pyridones isolées $(C_5H_4ON)-(CH_2)_n-(C_5H_4ON)$.

$C_{12}H_{12}O_2N_2$: ($n = 2$) crist. F 183°, Rt 15 % (résinification); dipicrate F 179° (Déc).
$C_{13}H_{14}O_2N_2$: ($n = 3$) crist. F 132°, $É_2$ 258-261°, Rt 66 % ; dipicrate F 146° (Déc).
$C_{14}H_{16}O_2N_2$: ($n = 4$) crist. F 133°, $É_6$ 282-285°, Rt 63 % ; dipicrate F 209° (Déc).
$C_{15}H_{18}O_2N_2$: ($n = 5$) huile $É_3$ 265-268°, Rt 60 % ; dipicrate F 120° (Déc).
$C_{16}H_{20}O_2N_2$: ($n = 6$) crist. F 93° (corr.) $É_2$ 280-283°, Rt 60 % ; dipicrate F 174° (Déc).

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'absorption de quelques azo-aldimines, azo-aldoximes et azo-aldéhydehydrazones*. Note (¹) de M. **Panos Grammaticakis**, présentée par M. Marcel Delépine.

En poursuivant mes recherches chimiques et spectrales sur les hydrazines et leurs produits d'oxydation, j'ai été amené à étudier l'absorption dans l'ultra-violet moyen et le visible des composés contenant, en plus des groupes $-NH.NH-$ et $-N=N-$, deux ou plusieurs groupes azotés ($-NH_2$, $-NH.OH$, $-NH.NH-$, $=NH$, $=N.OH$, $=N.NH_2$, $-N=N-$, etc.) en diverses positions sur une chaîne ouverte ou fermée.

La présente Note contient quelques résultats concernant des composés du type (A)

(A) $$C_6H_5.N=N.C(=X).R,$$

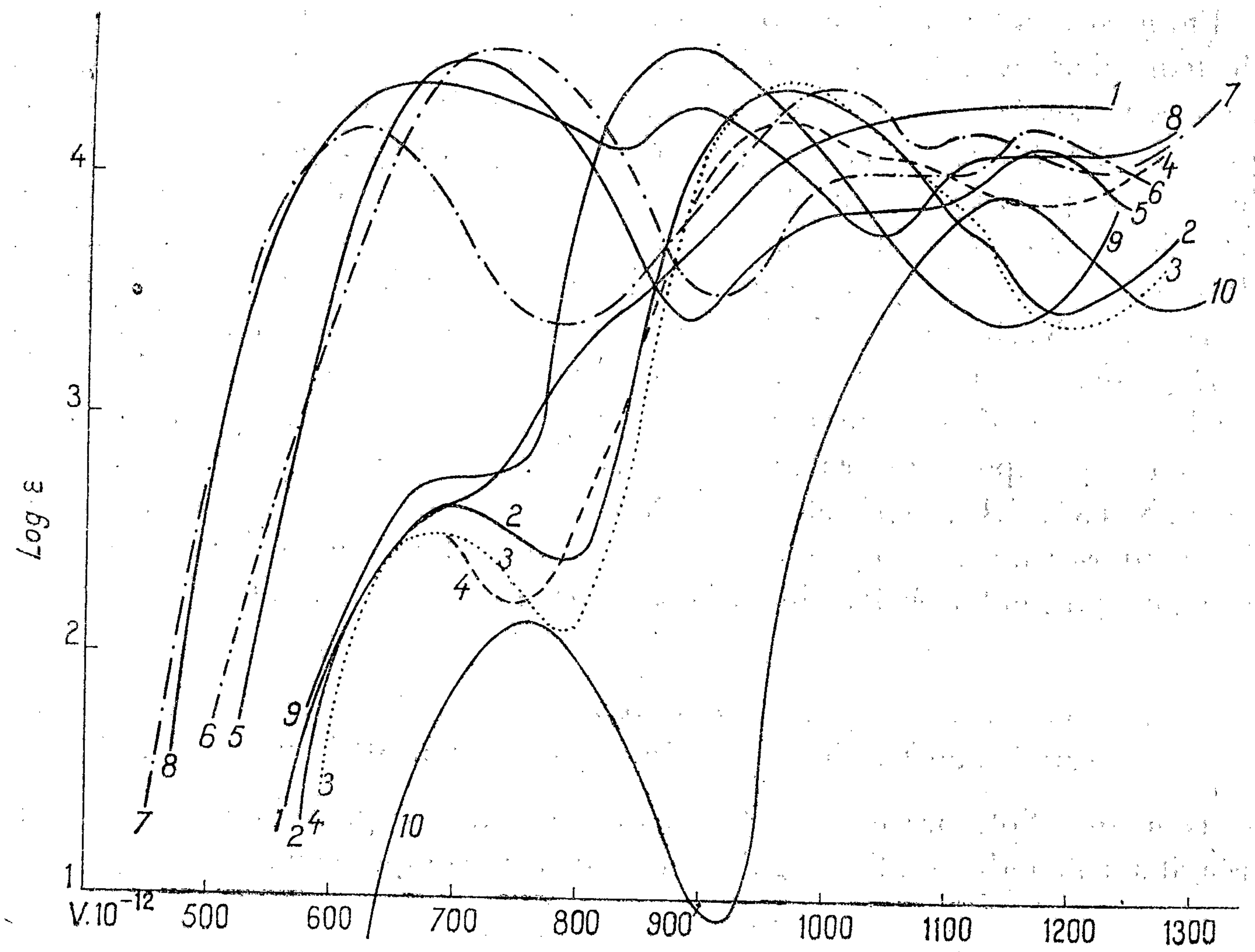
formés par oxydation des corps $C_6H_5.NH.NH.C(=X).R$ (²).

Sur la figure ci-contre sont représentées les courbes d'absorption des solutions alcooliques des : benzènazo-benzaldéhydanile ($R=C_6H_5$; $X=N.C_6H_5$), F 104°, courbe 1; benzènazo-formaldoxime ($R=H$; $X=N.OH$), F 95°, courbe 2; benzènazo-acétaldoxime ($R=CH_3$; $X=N.OH$), F 120°, courbe 3; benzènazo-benzaldoxime ($R=C_6H_5$; $X=N.OH$), F 135°, courbe 4; N.N'— diphényl-formazane ($R=H$; $X=N.NH.C_6H_5$), F 74° et 124°, courbe 5 ; N.N'-diphényl-C-méthyl-formazane ($R=CH_3$; $X=N.NH.C_6H_5$),

(¹) Séance du 13 octobre 1947.

(²) De nouveaux modes de formation et de préparation de ces composés (action du réactif de Grignard sur les composés $C_6H_5.NH.NH.CH=X$, etc.) ainsi que leurs spectres d'absorption feront l'objet d'un prochain Mémoire.

F 125°, courbe 6; N.N'.C-triphényl-formazane ($R=C_6H_5$; $X=N.NH.C_6H_5$), F 176°, courbe 7; N.N'-diphényl-formazan-C-azobenzène [3] ($R=N=N.C_6H_5$; $X=N.NH.C_6H_5$), F 164°, courbe 8; N.N'-diphényl-N-acétyl-formazane ($R=H$; $X=N.N(CO.CH_3).C_6H_5$), F 189°, courbe 9 et benzènazométhane, courbe 10.



La comparaison des courbes d'absorption de la benzènazo-benzaldéhydanile et des benzènazo-aldoximes (courbes 2, 3 et 4) avec celle du benzènazométhane montre que l'allure générale de cette dernière ne change pas par l'introduction sur le CH_3 du benzènazométhane de certains chromophores ($=N.C_6H_5$, $=N.OH$) en conjugaison avec le groupe —N=N—. Il est à noter que les variations de l'absorption du benzènazométhane, dues aux substitutions précédentes, sont analogues à celles déjà constatées pour d'autres substitutions

(3) L'absorption de la solution chloroformique de ce composé est sensiblement identique à celle de sa solution alcoolique, comme pour certains phénylhydrazones très absorbantes.

opérées sur les groupes CH_3 et C_6H_5 de ce composé [4] et sur les azoïques en général [5].

L'examen des courbes des composés formazaniques (courbes 5, 6, 7 et 8) montre que ces courbes présentent une allure générale analogue à celle des courbes des phénylosazones étudiées [6] (et de certains phénylhydrazones) et différente de celle des courbes des azoïques ci-dessus.

Enfin, si l'on compare les courbes des composés formazaniques avec celles de leurs dérivés acidylés (courbe 9), on constate que la N-acidylation de ces composés s'accompagne d'un changement profond de leurs courbes qui prennent l'allure azoïque. Ceci peut être expliqué, en supposant que, d'après les effets spectraux de la N-acidylation des phénylhydrazones des arylaldéhydes [7], les composés du type $C_6H_5.N=N.CH=N.N(CO.R).C_6H_5$ doivent posséder sensiblement la même absorption que les composés $C_6H_5.N=N.CH=N.NH.CO.R$, dont la courbe présente l'allure azoïque.

En résumé, l'étude de l'absorption dans l'U. V. moyen et le visible de quelques composés contenant le groupe azoïque en conjugaison avec d'autres groupes absorbants [$=N.C_6H_5$, $=N.OH$, $=N.NH.C_6H_5$, $=N.N(CO.CH_3).C_6H_5$ et $-N=N.C_6H_5$] montre que ces corps, excepté les composés formazaniques non acidylés, présentent une absorption azoïque type, ce qui rend aisée leur identification par l'analyse spectrale.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action du soufre sur l'eugénol et sur l'isoeugénol.* Note [1] de M. **Noël Lozac'h**, présentée par M. Paul Pascal.

Dans une Note précédente [2] nous avions montré que le soufre, vers 200°, réagit sur l'anéthol ou l'estragol pour donner un composé de formule

$$CH_3O-C_6H_4-C_3HS_3.$$

Nous avons constaté que l'eugénol et l'isoeugénol réagissent d'une façon analogue sur le soufre. La sulfuration de ces deux corps conduit à un dérivé sulfuré unique, fondant à 182-183° sur le bloc Maquenne. Cette température

(4) P. Grammaticakis, *Praktika de l'Académie d'Athènes*, 16, 1941, p. 118; *Bull. Soc. Chim.*, 5e série, 14, 1947, p. 438; *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 1509.

(5) En particulier, Mme Ramart-Lucas, Mme Grumez et M. Martynoff, *Bull. Soc. Chim.*, 5e série, 11, 1945, p. 814; Mme Ramart-Lucas, Mme Guilmart et M. Martynoff, *Bull. Soc. Chim.*, 5e série, 14, 1947, p. 415.

(6) *Comptes rendus*, 223, 1946, p. 1139. Un essai d'interprétation de l'absorption des composés étudiés dans la présente Note et des chromophores complexes, en général, sera publié ultérieurement.

(7) *Bull. Soc. Chim.*, 5e série, 8, 1941, p. 429; *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 345.

(1) Séance du 13 octobre 1947.

(2) O. Gaudin et N. Lozac'h, *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 577.

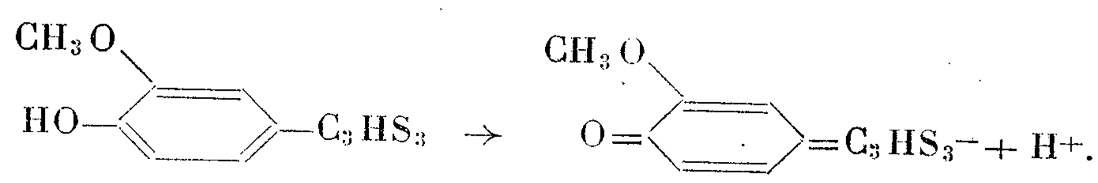
est le point de fusion instantanée, car il y a décomposition notable et attaque sulfurante du bloc

L'analyse de ce corps, que nous nommerons trithioeugénol, correspond bien à la formule

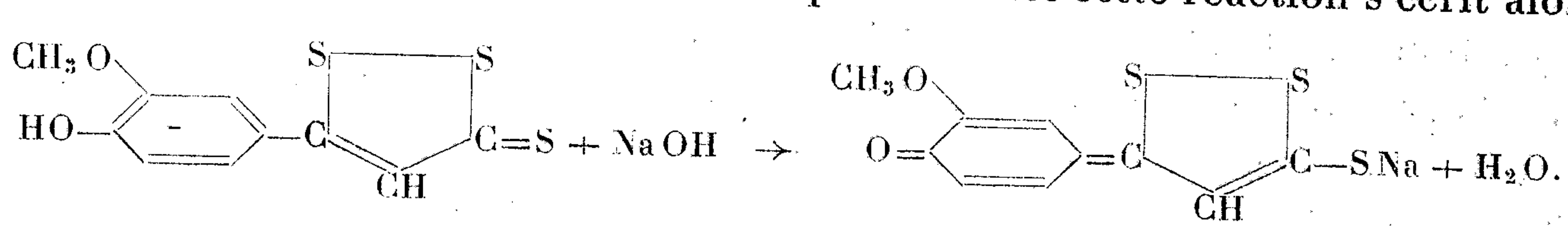
$$(CH_3O)(HO)C_6H_3—C_3HS_3.$$

Calculé %, C 46,87; H 3,12; O 12,5; S 37,5. Trouvé %, C 46,76; H 3,21; O 13,9; S 36,0. Le trithioeugénol se présente en cristaux dont la couleur varie du brun, pour les petits cristaux, au noir pour les gros.

Les solutions neutres de trithioeugénol sont jaunes. Par addition d'alcali, leur couleur tourne au rouge foncé. Ce phénomène, qui ne se rencontre pas pour le trithioanéthol, est évidemment en relation avec l'existence d'un hydroxyle (HO) dans le trithioeugénol. On peut expliquer ce changement de couleur, comme pour les phtaléines, par une transposition benzène-quinone



Dans notre précédente Note (²) nous avions émis l'hypothèse que le trithioanéthol contient deux S engagés dans un cycle pentagonal, et une fonction persulfure. En effet, par oxydation permanganique ménagée, un soufre, sur les trois que contient le trithioanéthol, peut être remplacé par un oxygène. Nous pensions, de ce fait, que les deux soufres non atteints devaient faire partie d'un cycle relativement stable, tandis que le soufre susceptible d'être remplacé par de l'oxygène devait appartenir à une fonction thione ou persulfure. Nons avions opté pour cette dernière hypothèse en nous basant sur le fait que le trithioanéthol ne catalyse que très peu l'action de l'iode sur l'azoture de sodium (³). Le mécanisme de cette catalyse est malheureusement obscur, et nous considérons maintenant qu'il est plus vraisemblable d'admettre l'existence d'une fonction thione, car on peut ainsi expliquer aisément le virage coloré du trithioeugénol en milieu basique. En effet cette réaction s'écrit alors



Ce travail était terminé quand nous avons eu connaissance d'un mémoire de Böttcher et Lüttringhaus (⁴), qui étudient, en particulier, le trithioanéthol.

(³) F. Feigl, *Qualitative analysis*, 2ᵉ éd. anglaise, 1939, p. 291.
(⁴) *Ann. d. chemie*, 557, 1947, p. 87.

Ces auteurs, par une voie différente, ont été aussi amenés à attribuer au groupe sulfuré $-C_3HS_3$ la structure que nous venons d'indiquer.

Il semble donc assez bien établi que le trithioanéthol et le trithioeugénol sont des aryl-3 dithia-4-5 cyclopentène-2 thiones-1.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur le comportement des chloraloses α et β vis-à-vis de l'acide periodique et sur la constitution de ces composés.* Note de M. **Paul Fleury** et M^lle **Jacqueline Jolly**, présentée par M. Maurice Javillier.

La constitution des produits de condensation du glucose et du chloral connus sous le nom de chloraloses α et β (ou para) et la nature de l'isomérie qui les différencie l'un de l'autre ne sont pas encore complètement élucidées. Après avoir examiné les formules proposées, nous avons pensé que le comportement de ces composés vis-à-vis de l'acide periodique permettrait de choisir l'une d'entre elles, ou tout au moins d'éliminer celles qui paraîtraient incompatibles avec le mode d'action de ce réactif. Ce mode d'action est en effet bien établi par de nombreuses recherches.

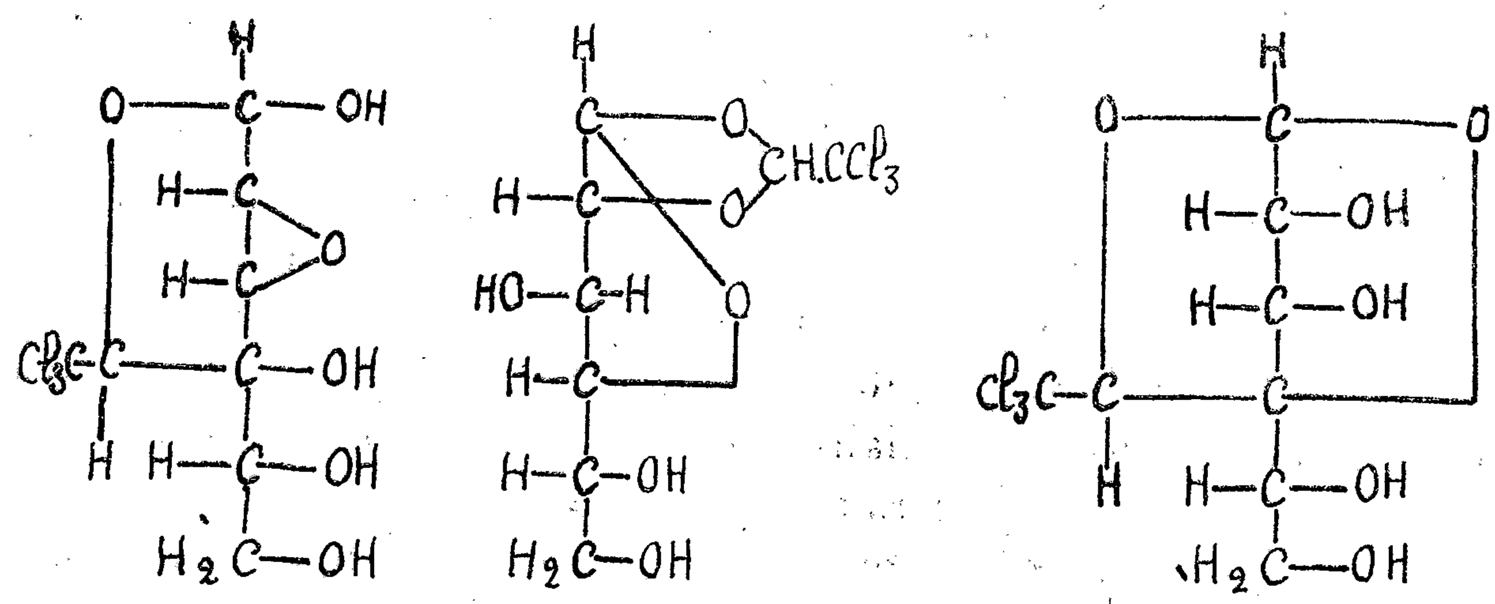
Nous avons utilisé les techniques mises au point par l'un de nous (1) pour mesurer la consommation d'acide periodique et étudier les produits habituels de sa réaction sur les glucides: aldéhyde et acide formiques. Pour le chloralose α nous avons mis en œuvre des solutions aqueuses M/100 en présence de solution M/10 d'acide periodique; le chloralose β, beaucoup moins soluble, a été mis en suspension au sein du réactif oxydant et agité de façon continue.

Pour les 2 isomères, la réaction a lieu à froid. Dans le cas d'α, elle est très rapide; elle est terminée avant 5 minutes et la consommation n'augmente plus, même après contact prolongé 24 heures. Pour β, la faible solubilité du produit ne permet pas de se rendre compte de la vitesse de la réaction qui paraît fonction de la vitesse de dissolution. Sauf cette différence, les 2 chloraloses se comportent de la même manière vis-à-vis de l'acide periodique dont la consommation est la même dans les deux cas et correspond à 1 atome d'O pour 1 mol. de chloralose; l'étude des variations de l'acidité avant et après oxydation montre qu'il ne se produit aucun groupement COOH et élimine ainsi la possibilité de formation d'acide formique; par contre, le milieu devient réducteur vis-à-vis de l'iodomercurate en milieu alcalin. Quel que soit l'isomère utilisé, ce pouvoir réducteur doit être attribué, d'une part, à l'aldéhyde formique caractérisé et dosé par sa combinaison avec le dimédon, d'autre part à un composé aldéhydique que nous avons séparé.

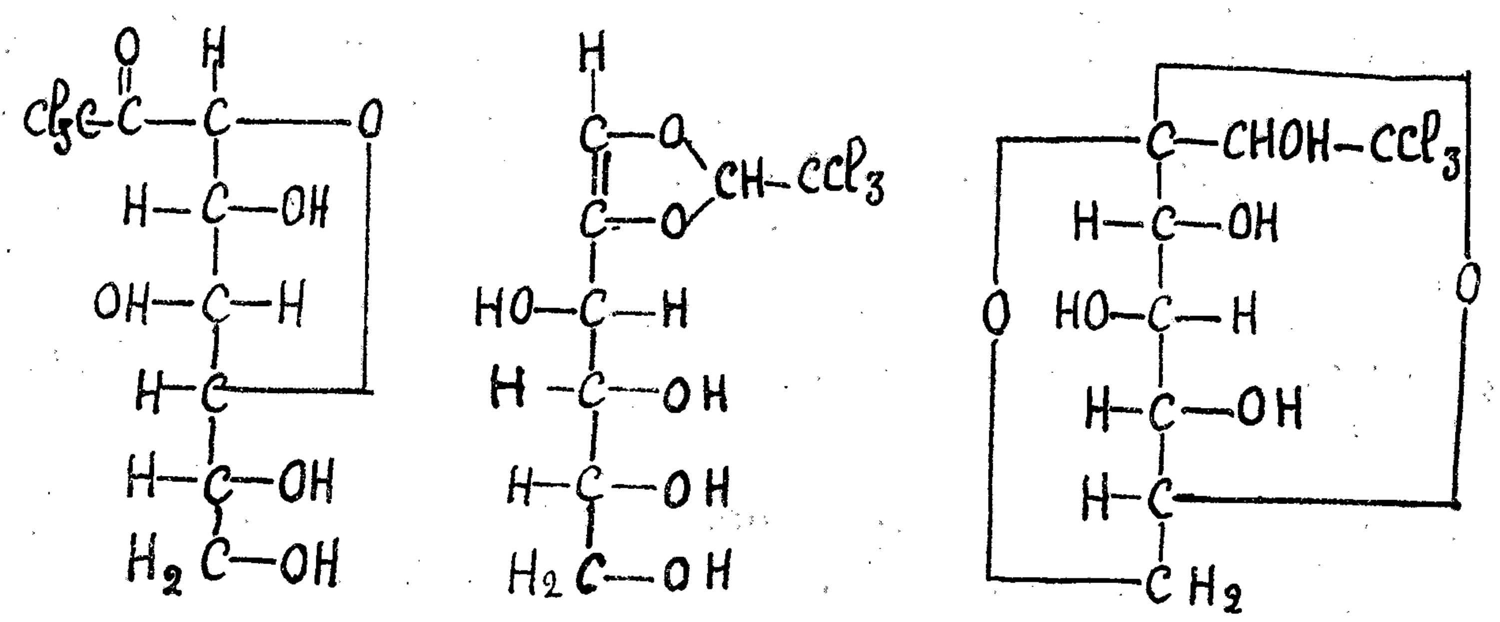
Ces aldéhydes, dérivant l'un du chloralose α et l'autre du chloralose β, ont été obtenus purs et cristallisés, soit par extraction à l'éther, soit par séparation spontanée dans le milieu réactionnel à l'état suffisamment concentré. (Formule

(1) P. Fleury et J. Lange, *Journ. de Pharm. et de Chim.*, 27, 1933, p. 196.

brute : $C_7H_7Cl_3O_5$; F α 165-167°; β 195-197°). Nous avons obtenu leurs combinaisons avec la phénylhydrazine, l'hydroxylamine, la semicarbazide et le dimédon. Nous avons transformé ces aldéhydes en acides, par action, en



Hanriot — Shown — Petit et Polonovski



Pictet et Reichel. Coles. Goodhue. Hixon. — Pictet

milieu aqueux, du brome en présence de carbonate de baryum fraîchement précipité, et nous avons identifié ces acides avec les acides chloraliques α et β ($C_7H_7Cl_3O_6$) obtenus par Hanriot en traitant les chloraloses à chaud, en milieu aqueux, par le permanganate de potassium. Cette identification confirme la formule que nous attribuons à nos aldéhydes, qu'il est par conséquent légitime d'appeler aldéhydes chloraliques.

Ces faits autorisent les conclusions suivantes :

1° La réaction d'oxydation par l'acide periodique de deux chloraloses peut se représenter par l'équation

$$C_6H_6Cl_3O_4 - CHOH - CH_2OH + O = C_6H_6Cl_3O_4 - CHO + CH_2O + OH_2.$$

2° Les formules proposées pour les chloraloses doivent présenter, pour β comme pour α, la chaîne — CHOH — CH_2OH qui correspond évidemment aux carbones 5 et 6 de la chaîne du glucose. De plus, la réaction d'oxydation

n'intéressant que la liaison des carbones 5 et 6, il faut admettre que la liaison qui unit le carbone 4 au carbone 5 n'est pas attaquable, bien que, dans le glucose, ce carbone 4 porte lui aussi un hydroxyle.

Or, parmi les six formules proposées pour le chloralose, seules celles d'Hanriot et de Shwon présentent une chaîne $-CHOH-CH_2OH$, en même temps que *seules* elles permettent de prévoir la consommation d'un *unique* atome d'oxygène. Mais dans la formule de Shwon, l'hydroxyle porté sur le carbone 4 est engagé dans un pont d'oxygène dont la stabilité vis-à-vis de l'acide periodique peut être considérée comme démontrée par de nombreux exemples. Par contre, dans la formule d'Hanriot, le carbone 4 porte un hydroxyle (fonction alcool tertiaire) dont la liaison avec le carbone 5 est probablement attaquable. On serait ainsi amené à écarter la formule d'Hanriot, mais les recherches dans le groupe des glycols α porteurs d'un ou deux hydroxyles tertiaires sont trop peu nombreuses pour permettre une conclusion ferme.

3° L'isomérie des deux chloraloses porte sur le reste $C_6H_6Cl_3O_4$ et l'on peut dire qu'aucun des deux chloraloses ne dérive du pyranoglucose à partir duquel ils sont cependant préparés et, si l'on adopte la formule de Shown, tous les deux seraient des dérivés du furanoglucose.

GÉOPHYSIQUE. — *Altitude de l'émission des raies* D *du sodium au crépuscule et rôle de l'absorption par l'ozone*. Note [1] de M. **Jean Dufay**, présentée par M. Jean Cabannes.

1. Au moment où le doublet du sodium s'affaiblit rapidement dans le spectre du ciel crépusculaire, les rayons tangents à la Terre rencontrent la ligne de visée à une altitude d'autant plus grande qu'on observe plus près de l'horizon. Pour expliquer cet effet, Vegard [2] a supposé qu'il existait, dans les régions basses de l'atmosphère, une couche opaque aux radiations excitatrices. En combinant des observations au zénith et près de l'horizon, il a obtenu, pour l'altitude où semble prendre fin la luminescence du sodium, $z = 110^{km}$ et, pour la limite supérieure de la *couche-écran*, $z_0 = 49^{km}$. D'où cette conclusion que la couche-écran serait constituée par l'ozone atmosphérique, opaque entre 2300 et 3000 Å, et que l'excitation aurait lieu sous l'action des radiations ultraviolettes de longueurs d'onde voisines de 2100 Å, capables d'ioniser le sodium.

2. J'ai appliqué la méthode de Vegard à quelques clichés obtenus en 1938 avec la collaboration de J. Gauzit [3] (spectrographe Cojan à un prisme de flint, objectif de 80^{mm} de longueur focale, ouvert à F/0,7). *Qualitativement*, j'ai

---

(1) Séance du 13 octobre 1947.

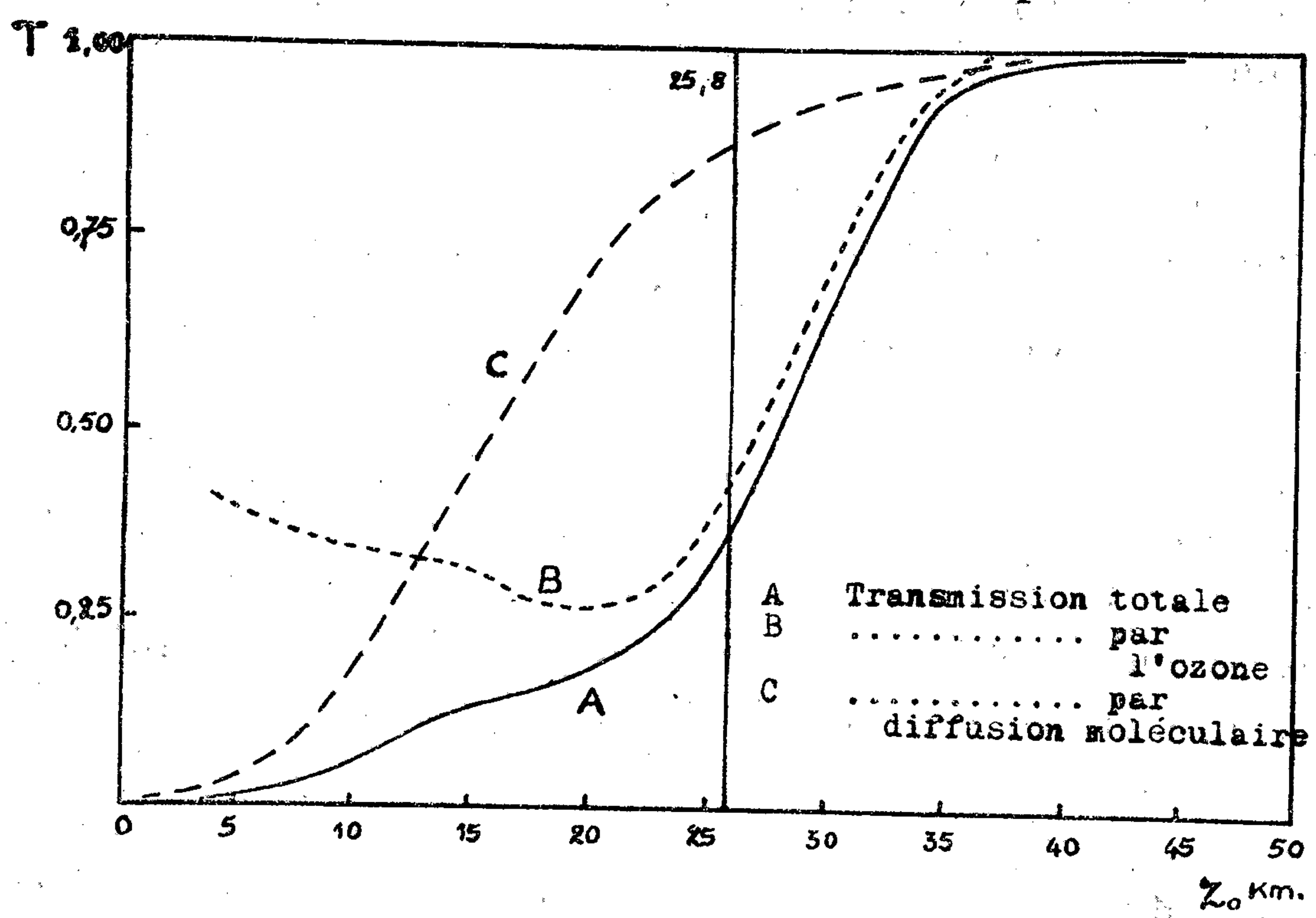
(2) *Geofysiske Publikasjoner Oslo*, **13**, n° 1, 1940, p. 17; **16**, n° 7, p. 17.

(3) *Annales d'Astrophysique*, **9**, 1946, p. 135.

cherché à apprécier pour quelles dépressions solaires le doublet du sodium apparaissait avec le plus de netteté sur le spectre continu, lorsqu'on visait au zénith ou près de l'horizon, et pour quelles dépressions solaires il semblait disparaître. *Quantitativement*, j'ai déterminé sur le meilleur couple de clichés zénith-horizon pour quelles dépressions l'intensité du doublet était réduite à la moitié de sa valeur initiale : celle-ci est bien déterminée, car elle demeure pratiquement constante pendant un temps appréciable. J'ai obtenu ainsi les résultats suivants dont l'incertitude peut approcher d'une dizaine de kilomètres :

Hauteurs de visée.	Maximum de netteté. z.	z_0.	Réduction à 1/2. z.	z_0.	Disparition. z.	z_0.
90°– 8° 6′.......	81	25	91	23	97	26 km
90°–14° 24′.......	81	25	–	–	95	24

3. L'altitude trouvée pour l'émission du sodium, intermédiaire entre celles de Vegard et de Bernard (4), s'accorde bien avec les observations crépusculaires d'Elvey et Farnsworth (5) et avec les évaluations nocturnes que j'ai faites en collaboration avec Tcheng Mao-Lin (6). Mais l'épaisseur de la couche-écran est bien trop faible dans l'hypothèse de l'excitation par les radiations ultra-



violettes, car, vers 2100 Å, le coefficient d'absorption de l'ozone est encore voisin de 10, de sorte qu'une quantité minime de ce gaz suffit pour arrêter les rayons tangents. Elle est au contraire de l'ordre de grandeur attendu si l'excitation a lieu par résonance optique.

J'ai repris le calcul, déjà effectué approximativement par Bricard et Kastler (7),

(4) *Comptes rendus*, **206**, 1938, p. 448.

(5) *Astrophysical Journal*, **96**, 1942, p. 451.

(6) *Comptes rendus*, **221**, 1945, p. 980; *Annales de Géophysique* (sous presse).

(7) *Annales de Géophysique*, **1**, 1944, p. 53.

des facteurs de transmission T relatifs aux rayons solaires de longueur d'onde 5893 Å qui traversent horizontalement l'atmosphère à diverses altitude z_0, en tenant compte de la diffusion moléculaire et de l'absorption par l'ozone. La figure ci-dessus montre la courbe tracée en adoptant la distribution verticale de l'ozone déterminée directement par Coblentz et Stair (8) (moyenne des ascensions, de 1939 et 1940). On voit que le facteur de transmission, inférieur à 1/5 à 20^{km} d'altitude, augmente rapidement au-dessus de 25^{km} et devient égal à 2/3 à 30^{km}. Cette répartition des éclairements en fonction de l'altitude peut être schématisée, en première approximation, par un écran opaque jusqu'à 25^{km}, surmonté d'une région complètement transparente. En effet la fonction $z_0 = f(T)$, dans l'intervalle $T = 0$, $T = 1$, a pour valeur moyenne 25^{km},8.

4° La couche d'ozone, presque opaque sous l'incidence rasante pour le milieu du spectre visible, intervient certainement dans d'autres phénomènes crépusculaires. Ainsi les *hauteurs de l'atmosphère* tirées des observations de la *montée de la nuit* deviennent bien plus cohérentes quand on en tient compte. Ce fait vient à l'appui des observations spectroscopiques de Dubois (9), qui attribue la montée de la nuit, non à l'ombre de la Terre, mais à celle de l'ozone atmosphérique.

BOTANIQUE APPLIQUÉE. — Addition à la Note (1) : *Une variété de Ricin; son importance économique*. Note (2) de M. **Armand Hérisset.**

A la suite de la rectification publiée par M. Louis Blaringhem (3) je précise ce qui suit :

1° La lettre qui m'a été adressée par M. Blaringhem n'est jamais parvenue à destination. Le titre a été modifié à la suite de la suppression d'une quinzaine de lignes de la première version;

2° J'ai écrit que la variété de *Ricinus Communis* L. s'était révélée stable depuis cinq ans; je n'ai pas entendu déclarer qu'elle pouvait de ce fait être considérée comme définitivement fixée;

3° Après avoir indiqué les qualités de l'huile obtenue et son utilisation possible, j'ai rendu compte des études que j'avais faites en vue de rechercher si le tourteau pouvait être employé à l'alimentation du bétail. Des études

(8) *Journal of Research of the National Bureau of Standards*, 26, 1941, p. 161.
(9) *Comptes rendus*, 222, 1946, p. 671.

(1) *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 1836.
(2) Séance du 6 octobre 1947.
(3) *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 325.

complémentaires permettront de s'assurer si la ricine, toujours présente, peut être inactivée par un procédé peu onéreux;

4° Je reconnais, bien volontiers, la collaboration bénévole et dévouée que j'ai trouvée auprès de M. Chevet pour tout ce qui concerne les questions de culture.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Sur un rhamnoside nouveau extrait des feuilles d'Erythrophleum guineense*. Note de MM. **Jean Dussy** et **Charles Sannié**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Dans un précédent Mémoire nous avions signalé la présence de pinitol dans les feuilles d'*Erythrophleum guineense*. La suite de nos recherches nous a amenés à isoler de ce matériel un rhamnoflavonoloside à l'état cristallisé.

Préparation. — 200^g de feuilles sèches sont traitées 3 fois par l'alcool à 95° bouillant. L'extrait concentré à sec (30^g) est repris par 200^g d'eau. La solution aqueuse est agitée deux fois avec de l'éther, puis à nouveau concentrée à sec. L'extrait (20^g) est repris par 50^{cm^3} d'alcool méthylique et l'addition d'éther (950^{cm^3}) provoque la formation d'un précipité qui est éliminé. La solution éthéro-alcoolique concentrée à sec est à nouveau reprise par le méthanol, additionnée d'éther, et le précipité formé éliminé. La solution éthérée est lavée à l'eau, concentrée à sec et l'extrait repris par 50 à 60^{cm^3} d'alcool à 95°. L'adjonction d'un égal volume d'eau amène la précipitation de la chlorophylle qui est éliminée. Abandonnée dans un excicateur à vide, la solution se concentre lentement. Il se forme d'abord un précipité résineux qui est séparé, puis des cristaux jaunes se déposent lentement. Ceux-ci sont recueillis et purifiés par recristallisation dans l'eau.

Rendement : 0,8 g/kg de feuilles sèches.

Caractères des cristaux. — Desséchés à 110° dans le vide, les cristaux perdent 3,78 % d'eau de cristallisation qu'ils reprennent rapidement à l'air libre. Ils fondent mal vers 176-180° au tube, 195° au bloc Maquenne. Ils sont très solubles dans l'alcool à 95°, l'alcool méthylique pur, très peu solubles dans l'éther, insolubles dans l'eau froide. Leur solution alcoolique est colorée en brun par les alcalis, en vert olivâtre par $FeCl_3$, et n'est pas réductrice. Pouvoir rotatoire : $(\alpha)_D^{20} = -17°,3$ dans l'alcool à 95° ($c = 0,1$ %).

Hydrolyse. — L'hydrolyse acide, par SO_4H_2 à 3 % à l'ébullition pendant 2 heures, fournit 33,8 % d'un sucre réducteur faiblement dextrogyre et 69,8 % d'aglucone, soluble à chaud dans le liquide d'hydrolyse et précipitant intégralement par refroidissement.

L'hydrolyse diastasique est nulle par l'invertine et l'émulsine.

Étude de la fraction glucidique. — Après séparation de l'aglucone, le liquide d'hydrolyse est neutralisé exactement par la baryte, SO_4Ba séparé et la solution sucrée est concentrée sous vide à 30°. L'extrait est repris par l'alcool absolu et la solution alcoolique, abandonnée au frais, laisse déposer des cristaux

rhomboédriques, fondant à 94°, ayant un pouvoir rotatoire de $+9°$ (en solution aqueuse), un pouvoir réducteur très voisin de celui du glucose (31^{mg} réduisent comme 29^{mg} de glucose), donnant une phénylosazone cristallisant en fines aiguilles rayonnées fondant instantanément à 190°.

Ces caractéristiques correspondent à celles du rhamnose. De plus l'analyse élémentaire donne : C 43,88 % et H 7,19 % (calculé pour $C_6H_{12}O_5$: C 43,90 % et H 7,31 %). C'est donc bien du rhamnose.

Étude de l'aglucone. — L'aglucone recueilli se présente sous forme de cristaux jaune d'or, solubles dans l'alcool à 95° et le méthanol pur, très peu solubles dans l'éther et dans l'eau bouillante, insolubles dans l'eau froide. La purification en a été faite par recristallisations successives dans une solution aqueuse d'acide acétique à 50 %, mais les rendements sont médiocres; dans les autres solvants (alcool dilué, eau, etc.), le produit s'altère. Ces cristaux fondent instantanément au bloc Maquenne à 329-330°; au tube ils s'altèrent. Ils n'ont pas d'action sur la lumière polarisée. L'aglucone présente les réactions colorées générales des flavones et des flavonols en particulier.

Réactifs.	Coloration obtenue.
Mg + HCl en solution alcoolique........	Rose foncé apparaissant lentement
$FeCl_3$ en solution alcoolique..............	Brun vert
KOH..................................	Brun rouge
KOH en solution méthylique $\frac{M}{100}$ (1)......	Vert émeraude, vire au jaune en 10 min.
NaOH concentré......................	Rouge
Amalgame de Na + HCl................	Jaune
Réaction borocitrique de Wilson (2)......	Jaune verdâtre légèrement fluorescent

L'analyse élémentaire donne : C 57,73-57,80 %; H 3,44-3,60 %. Calculé pour $C_{16}H_{12}O_8$ (P. M. 332), C 57,83 %; H 3,61 %.

Le dosage des méthoxyles et celui des hydroxyles libres montrent que pour un P. M. de 332, il y a cinq groupes OH libres et un groupe $-OCH_3$ par molécule. Mais les faibles quantités de matières dont nous disposions ne nous ont pas permis de déterminer la position de ces groupes. Toutefois, il s'agit bien là d'un tétrahydrométhoxyflavonol non encore décrit.

L'analyse élémentaire permet d'attribuer à l'hétéroside la formule brute $C_{22}H_{22}O_{12}$ (P. M. 478) : trouvé C 55,25-55,22 %; H 4,59-4,60 %. Calculé pour $C_{22}H_{22}O_{12}$: C 55,23 %; H 4,60 %.

L'équation d'hydrolyse est donc

$$\underset{\text{Hétéroside.}}{C_{22}H_{22}O_{12}} + H_2O = \underset{\text{Rhamnose.}}{C_6H_{12}O_5} + \underset{\text{Flavonol.}}{C_{16}H_{12}O_8}.$$

Cette formule est confirmée par les résultats observés lors de l'hydrolyse

(1) A. Sosa, *Comptes rendus*, **222**, 1946, p. 1125; **224**, 1947, p. 1656.

(2) *Journ. Amer. Chem. Soc.*, **61**, 1939, p. 2303.

(106^{mg} d'hétéroside anhydre ont fourni 38^{mg} de rhamnose et 74^{mg} de flavonol).

En résumé, les feuilles d'*Erythrophleum guineense* contiennent un rhamnoflavonoloside pour lequel nous proposons, compte tenu du nom vernaculaire de la plante (Tali), le nom de *Taliflavonoloside*.

PHYTOCHIMIE. — *Thévétine, nériifoline et monoacétylnériifoline.* Note de M. **Marcel Frèrejacque**, présentée par M. Richard Fosse.

Dans une Note antérieure (¹) il a été indiqué que nous avions obtenu, à partir des graines de *Thevetia neriifolia*, un mélange de glucosides digitaliques que nous n'avions pu scinder en ses constituants, mais que nous avions transformé, par action de la potasse alcoolique, en un nouveau digitalique : la nériifoline. Nous avions donné des arguments permettant de supposer que le mélange initial était constitué, en proportions à peu près égales, par de la nériifoline et de la monoacétylnériifoline. Nous avions d'autre part émis l'hypothèse que la nériifoline était la progénine de la thévétine.

Nous sommes maintenant en mesure de confirmer les hypothèses rappelées ci-dessus.

I. Le mélange de digitaliques obtenu à partir des graines de *Thevetia*, mélange qu'on obtient avec un rendement pouvant dépasser 10 % du poids des graines déshuilées, a été scindé au moyen du chloroforme. La nériifoline donne en effet, avec le chloroforme, un composé d'addition renfermant 2 molécules de ce solvant; ce complexe est peu soluble à froid dans le chloroforme (1,95 % à 20°). Il est d'ailleurs fort stable, puisqu'un échantillon de ce complexe, abandonné plusieurs semaines à la température ordinaire, contient encore 29 % de son poids de chloroforme. C'est en utilisant la faible solubilité du dérivé d'addition nériifoline-chloroforme que nous avons réussi à caractériser la nériifoline et à la séparer du mélange obtenu à partir des graines de *Thevetia*. Cette nériifoline est identique à celle qui a été préparée antérieurement $[\alpha]_D^{20}$, $-50°(CH_3OH)$; $-60°(CHCl_3)$; $-77°$ (pyridine).

Des eaux mères chloroformiques, nous avons alors pu retirer sans grande difficulté la *monoacétylnériifoline*, qui cristallise aisément de l'alcool à 60° en aiguilles fondant à 204-208°; ce dérivé acétylé est très soluble dans le chloroforme (67 %) et ne donne pas de dérivé d'addition avec ce solvant.

Par évaporation lente de sa solution chloroformique, l'acétylnériifoline cristallise en gros prismes: $[\alpha]_D^{20}$, $-82°(CH_3OH)$; $-85°(CHCl_3)$; $-101°$(pyridine).

La combustion de la monoacétylnériifoline et la détermination de son indice de saponification concordent bien avec la formule $C_{32}H_{48}O_9$ que nous attribuons à ce dérivé; d'autre part, l'acétylation pyridinée de ce corps conduit à un produit identique à la diacétylnériifoline décrite antérieurement.

(¹) *Comptes rendus*, **221**, 1945, p. 645.

II. Pour nous procurer la thévétine nécessaire à la seconde partie de nos expériences, nous avons mis au point un procédé simple d'extraction de cet hétéroside, procédé qui conduit à un rendement bien supérieur à celui qu'on obtient par le procédé que décrit Chen [2]. Notre procédé repose sur les deux observations suivantes : la thévétine est légèrement soluble dans l'eau froide, les hétérosides des graines de *T. neriifolia* sont très solubles dans l'alcool butylique.

Les graines à traiter, préalablement déshuilées, sont épuisées par l'alcool méthylique chaud; après élimination de l'alcool méthylique, le résidu sirupeux est dissous dans l'alcool butylique; la solution butylique est lavée avec son volume d'eau, opération qui élimine, outre les sucres, un produit accessoire qui bleuit au contact de l'acide chlorhydrique chaud; la solution butylique d'hétérosides est finalement lavée trois fois avec 6 volumes d'eau. Par concentration des solutions aqueuses de lavage, la thévétine cristallise sans difficulté.

La thévétine obtenue est identique à celle qu'a décrite Chen. Signalons à ce propos que les solutions aqueuses de thévétine sont précipitées par les solutions aqueuses de phénol, fait qui peut être mis à profit pour l'extraction de la thévétine; cette précipitation se produit également avec d'autres digitaliques solubles dans l'eau.

III. Nous avons essayé de passer de la thévétine à la nériifoline par voie diastasique. Ni les diastases de la levure, ni celles des amandes, non plus que celles des graines des *Rhamnus* ne conduisent au résultat cherché. Par contre, les diastases du suc digestif d'Escargot opèrent facilement la scission de la thévétine en nériifoline et glucose.

$2^g,5$ de thévétine sont dissous dans 500^{cm^3} d'eau; on ramène à la température de 35°, on ajoute 2^{cm^3} de suc digestif d'Escargot et 5 gouttes de toluène. Après 24 heures de séjour à l'étuve à 35°, il s'est déposé $1^g,2$ de cristaux de nériifoline.

La nériifoline a été caractérisée par son pouvoir rotatoire, par celui de son dérivé diacétylé, ainsi que par celui de l'isodérivé obtenu par action des alcalis.

On voit que la nériifoline est bien la progénine de la thévétine. On remarquera que les diastases de l'Escargot, pas plus que les autres diastases, ne peuvent arriver à scinder la molécule d'ose qui est directement liée à la génine, fait qui paraît général dans le groupe des digitaliques.

Il résulte également de cette action diastasique, que le méthyl-méthoxypentose, jusqu'à présent non identifié, qui, dans la thévétine, relie le gentiobiose à la génine, est le *thévétose* que nous avons également retrouvé dans les digitaliques des noix de tanghin.

Remarquons enfin que la thévétine ne constitue qu'une partie des digitaliques des graines de *Thevetia*. La présence de monoacétyl-nériifoline, signalée ci-dessus, laisse supposer celle d'une acétylthévétine dans ces graines. Nous n'avons pu jusqu'ici isoler à l'état cristallisé cette acétylthévétine.

---

[2] *J. biol. Chem.*, **105**, 1934, p. 231.

PHYSIOLOGIE GÉNÉRALE. — *Sur une substance à activité* cholinergique *formée à partir des produits d'oxydation de l'adrénaline.* Note (1) de MM. **Bruno Minz** et **Cyrille Plotka**, présentée par M. Robert Courrier.

Dans une série de travaux, Bacq et ses collaborateurs Heirman et Goffaert signalent avoir constaté de façon irrégulière et *dans des conditions favorables non encore définies* qu'une solution d'adrénaline additionnée d'un extrait de champignon ou de pomme de terre donne naissance par oxydation à un corps biologiquement actif désigné par eux sous le nom d'*adrénoxine*. Ce corps exercerait une action cardio-inhibitrice sur le cœur de Grenouille (enregistrée pendant l'hiver 36-37) (2) et une action hypotensive sur le Lapin et le Chat (décelée pendant l'hiver 37-38) (3). Il inhiberait enfin l'utérus de la Chatte non gravide et les mouvements spontanés de l'intestin de Lapin (4). L'adrénoxine imiterait ainsi fidèlement les effets inhibiteurs de l'adrénaline et serait par suite comparable à la sympathine (I) de Cannon et Rosenblueth. Malheureusement ces constatations n'ont pu être confirmées jusqu'à présent et les auteurs eux-mêmes se sont avoués incapables de les reproduire (5).

Or, au cours de nos recherches récentes portant sur l'intervention de l'adrénochrome dans la synthèse de l'acétylcholine (6), nous avons fait quelques observations qui nous semblent intéressantes pour la connaissance des transformations oxydatives de l'adrénaline. Dans ces expériences nous avons utilisé, entre autres, un produit cristallisé obtenu suivant le procédé de Marquardt en traitant l'adrénaline avec de l'oxyde d'argent à 40° (adrénochrome brut). Cette préparation est exempte de toute action propre sur l'intestin isolé et la pression artérielle du Lapin ainsi que sur l'utérus isolé de Cobaye généralement inhibé par l'adrénaline. Nous fûmes d'autant plus surpris en constatant qu'une solution de ces mêmes cristaux, exposée à la lumière à une température et à un pH déterminés, acquiert au bout d'une heure des propriétés biologiques qui rappellent celles des produits *cholinergiques*. Une telle solution présente les propriétés suivantes : 1° Ajoutée à un liquide baignant l'intestin isolé de Lapin, elle engendre une contraction de cet organe (*figure* 1 du

(1) Séance du 13 octobre 1947.

(2) P. Heirman, *Arch. internat. physiol.*, 46, 1938, p. 404; Z. M. Bacq, *Arch. internat. physiol.*, 46, 1938, p. 417.

(3) P. Heirman et Z. M. Bacq, *Arch. internat. physiol.*, 50, 1940, p. 100; Z. M. Bacq, *Arch. internat. physiol.*, 50, 1940, p. 115.

(4) Goffært, *C. R. Soc. biol.*, 130, 1939, p. 1372.

(5) Z. M. Bacq et P. Heirman, *Arch. internat. physiol.*, 50, 1940, p. 153.

(6) B. Minz et C. Plotka, *C. R. Soc. biol.*, 141, 1947, p. 108; *Arch. des sciences physiol.*, 1, 1. 1947, p. 19.

tracé ci-contre). Cet effet est nettement intensifié par l'ésérine (*fig.* 2) et diminué par l'atropine (*fig.* 3). Il est également inhibé par l'yohimbine et la corynanthine; 2° ce corps fait contracter l'utérus isolé de Cobaye et 3° pro-

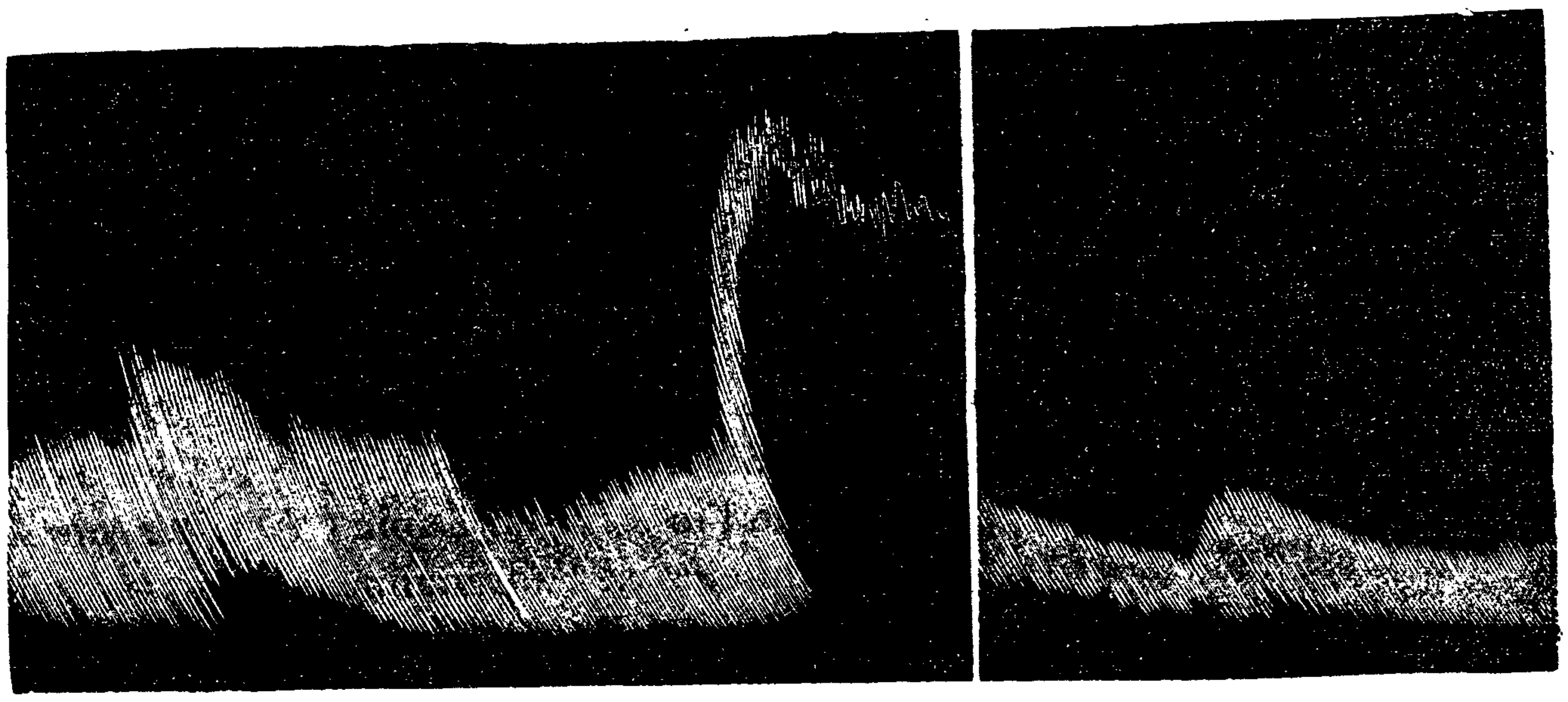


Fig. 1. Fig. 2. Fig. 3.

duit une hypotension de longue durée chez le Lapin. Tous ces effets sont atténués par l'atropine.

L'activité de cette substance va en s'intensifiant d'heure en heure jusqu'à obtention d'un optimum. Elle est stable durant plusieurs jours. Une solution d'iod-adrénochrome, traitée de façon identique, se révéle sans action sur tous les réactifs biologiques cités ci-dessus.

Le produit ainsi défini, obtenu par exposition à la lumière de l'adrénochrome brut, nous le désignons provisoirement sous le nom de *chromadrénine* A; il se distingue de l'adrénoxine : 1° par ses réactions contracturantes sur l'intestin de Lapin et l'utérus de Cobaye; 2° par l'effet, sur ces actions, de l'atropine et de l'yohimbine. L'intérêt de cette substance est souligné par la facilité et la stabilité avec lesquelles on peut l'obtenir à partir de l'adrénochrome brut. Nous reviendrons prochainement sur sa nature chimique et sur son importance physiologique.

BIOLOGIE. — *Réactions des Céphalopodes aux injections intradermiques de substances polaires.* Note (1) de MM. **René Jacquemain** et **Antoine Jullien**, présentée par M. Léon Binet.

L'un de nous (2) ayant mis en évidence l'influence des molécules polaires sur la vitesse des réactions organiques, notamment sur celles qui présentent le

(1) Séance du 13 octobre 1947.

(2) R. Jacquemain et J. Berger, *Bull. Soc. Chim.*, 13, 1946, p. 356.

phénomène d'autocatalyse, nous avons voulu rechercher si cette influence se retrouvait en biologie et, en particulier, si une correspondance existait entre les propriétés irritantes et la polarité.

Nous rappellerons brièvement que, si dans une molécule organique, il n'y a pas coïncidence entre les centres de gravité des charges positives et des charges négatives, il en résulte un déséquilibre électrique que l'on traduit en disant que la molécule est polaire; la polarité est évaluée en *debyes*.

Pour nos essais, nous avons choisi des composés isomères, donc aussi semblables que possible du point de vue chimique, mais différant notamment par leur polarité; celle-ci est indiquée entre parenthèses :

dichlorobenzène : ortho (2,33), méta (1,48), para (0,23);
chloronitrobenzène : ortho (4,33), méta (3,40), para (2,57);
dinitrobenzène : ortho (3,98), méta (3,78), para (0,58).

On voit donc que, *dans chaque groupe de composés isomères*, c'est le composé ortho qui est le plus polaire et le composé para qui l'est le moins.

D'autre part, nous avons utilisé un composé hautement polaire, une solution à 50 % environ de peroxyde de diméthyl-2.4 pentadiène-2.4 (10 environ).

Nos expériences ont porté sur la Seiche. Les produits précédents synthétisés par l'un de nous, étaient introduits systématiquement sous le derme ventral du sac viscéral, soit sous forme de cristaux, soit sous forme liquide et, dans ce second cas, après adsorption ou non adsorption préalable par du charbon de peuplier finement broyé. Les animaux préparés étaient immergés à même la mer dans des viviers.

La réaction des Seiches est rapide et se développe en quelques jours (3 à 5). Cinq des substances étudiées : méta-dichlorobenzène, ortho- et para-chlorotrobenzène, méta- et para-dinitrobenzène, provoquent des lésions analogues à celles que déclenche le goudron et qui ont été étudiées antérieurement par l'un de nous [3] : lésions non extensives, nettement limitées par un sillon d'élimination développé régulièrement à la périphérie de la zone dévitalisée centrée par le produit injecté et qui tombe sous forme d'escarre.

La seconde moitié de la série : ortho- et para-dichlorobenzène, méta-chloronitrobenzène, ortho-dinitrobenzène, peroxyde, manifeste, par contre, une agressivité plus forte tout en restant cependant beaucoup moins marquée qu'avec le dibenzanthracène [4]. Il y a toujours formation d'un sillon d'élimition mais — et le fait est surtout sensible avec le peroxyde (très polaire) — la lésion s'étend en dehors du sillon d'une manière irrégulièrement centrifuge et s'indique par une dépigmentation du tégument, sans œdème. Dans ce cas, la barrière initiale, exclusivement leucocytaire, est forcée, mais, par la suite, il

(3) A. JULLIEN, *Comptes rendus*, **210**, 1940, p. 608.
(4) R. JACQUEMAIN, A. JULLIEN, et R. NOËL, *Comptes rendus*, **225**, 1947, p. 441.

ne se développe jamais un second sillon, externe au premier, pour s'opposer à la progression de la lésion; il semble que l'animal ait épuisé ses possibilités figurées de défense avec le développement du sillon primitif.

En résumé, la règle observée en chimie, du parallélisme, de la polarité et de la vitesse des réactions organiques, est en défaut dans le domaine biologique où elle souffre d'importantes exceptions. Si plusieurs produits doués d'une forte polarité sont plus agressifs et donnent, d'une manière inconstante d'ailleurs, des lésions irrégulièrement extensives, d'autres, de plus faible polarité, manifestent la même propriété.

Par contre, des lésions limitées se développent, non seulement avec des corps faiblement polaires, mais également sous l'action de composés de forte polarité.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Mécanisme de la formation des acides aminés chez les bactéries à partir de l'ammoniaque et des acides α-cétoniques.* Note de MM. **Bention Nisman**, **Marcel Raynaud** et **Georges N. Cohen**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Kritzmann [1] a précisé récemment le mécanisme de la synthèse de certains acides aminés dans le foie et dans le rein à partir de pyruvate et d'ammoniaque. Cette synthèse, établie expérimentalement avec des coupes de tissus par Neber [2], comporte en réalité une séries de réactions

1° $CH_3COCOOH + CO_2 \rightarrow COOHCH_2COCOOH;$

2° $COOHCH_2COCOOH + NH_3 + H_2X \rightarrow COOHCH_2CHNH_2COOH + H_2O + X;$

3° $COOHCH_2CHNH_2COOH + CH_3COCOOH$
$\rightarrow COOHCH_2COCOOH + CH_3CHNH_2COOH.$

Aubel, Rosenberg et de Chezelles [3], puis nous-mêmes avec Rosenberg [4], avons montré qu'en présence d'acide pyruvique, d'acide α-cétoglutarique ou de glucose, l'ammoniaque disparaît sous l'influence des suspensions bactériennes. Les réactions qui peuvent rendre compte de cette disparition sont soit des réactions de transamination, soit des réactions d'amination réductrice. Dans le cas du pyruvate, ce dernier type de réaction conduirait uniquement à de l'alanine. Par contre, l'intervention du système de réactions invoqué par Kritzmann conduit au moins à deux acides aminés : l'acide aspartique et l'alanine. Kritzmann ajoute qu'il se forme peut-être de l'acide glutamique par intervention de l'acide α-cétoglutarique, prenant naissance par la voie du cycle des acides tricarboxyliques.

---

(1) *J. Biol. Chem.*, **167**, 1947, p. 77.
(2) *Zeitschr. Physiol. Chem.*, **234**, 1935, p. 83.
(3) *Bull. Soc. Chim. Biol.*, (Travaux des membres), **25**, 1943, p. 1152.
(4) Nisman, Cohen, Raynaud et Rosenberg, *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 1947 (sous presse).

Nous avons voulu vérifier ce mécanisme. Nous avons utilisé la technique de détection qualitative des acides aminés ([5]) par chromatographie sur papier Whatman nº 1. Nous avons utilisé des suspensions denses et lavées de *Cl. acetobutylicum*, *Cl. saccharobutyricum* et *Cl. sporogenes*. Les germes sont obtenus par culture de 18 heures sur bouillon de viande-foie glucosé. Les suspensions sont faites dans l'eau physiologique, et la réaction se fait en tampon phosphaté M/15 de pH 7, en tubes scellés sous vide, en présence de pyruvate de sodium M/5 et de phosphate monoammonique M/50. La quantité d'ammoniac fixée varie avec le temps. De 70 % au bout de 2 heures, elle diminue par la suite et le taux de fixation après 21 heures est de 30 %. Nous avons pu identifier par leurs R_F (Martin et Synge) et par comparaison avec des témoins, en effectuant un chromatogramme à une dimension avec le phénol comme solvant, les acides aminés suivants :

	Témoins. R_F	*Cl. acetobulylicum.* R_F	*Cl. sporogenes.* R_F
Alanine	0,564	0,559	0,575
Glutamate	0,257	0,238	0,225
Aspartate	0,090	0,090	0,090

La présence de ces trois acides aminés montre que le phénomène de la fixation d'ammoniac ne se ramène pas à une amination réductrice simple du pyruvate. Elle est certainement accompagnée de réactions de transamination sur l'acide oxaloacétique et l'acide α-cétoglutarique dont l'origine doit être vraisemblablement la réaction de Wood et Werkman pour le premier et le cycle tricarboxylique pour le second, comme l'envisage Kritzmann. Le CO_2 nécessaire à la réaction de Wood et Werkman est fourni dans nos expériences par la dismutation de l'acide pyruvique

$$CH_3COCOOH + H_2O \rightarrow CH_3COOH + CO_2 + H_2,$$

l'hydrogène disponible servant à l'amination réductrice des acides α-cétodicarboxyliques. Cette réaction, qui est très intense avec *Cl. acetobutylicum* et *Cl. saccharobutyricum*, explique la nécessité d'employer un grand excès de pyruvate pour obtenir un taux appréciable de fixation d'ammoniac et de synthèse des amino-acides.

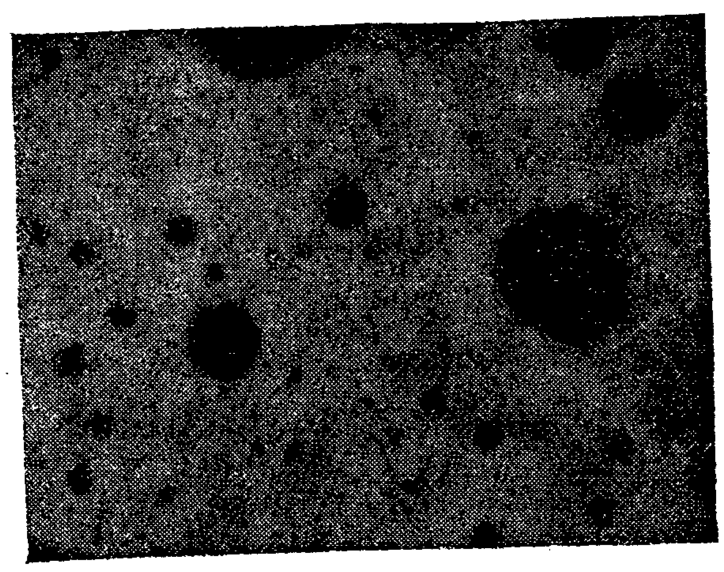
BIOCHIMIE EXPÉRIMENTALE. — *Extraction de la fertilisine.* Note ([1]) de M. **Boris Rybak**, présentée par M. Émile Roubaud.

La fertilisine (F. R. Lillie, 1912-1921) est, on la sait, une substance que l'on trouve dans l'eau de mer qui a contenu des ovules mûrs d'Échinodermes, d'Annélides ou de Mollusques, et qui possède la propriété d'*agglutiner* le sperme de la même espèce. Nous l'avons extraite de la façon suivante d'ovules de *Paracentrotus lividus*.

([5]) Consden, Gordon et Martin, *Bioch. Journ.*, 38, 1944, p. 224.

([1]) Séance du 6 octobre 1947.

Après avoir pris bien soin de retirer tout le liquide cœlomique des Oursins utilisés, les gonades femelles prélevées sont portées sur un filtre Büchner recouvert d'une gaze. On enlève les ovules par une série de petits lavages à l'eau de mer filtrée, puis on alterne centrifugations à 6000 tours/m pendant 5 minutes et lavages par eau de mer filtrée ou par une solution de Cl Na isotonique. On pèse de façon à connaître le poids humide du matériel, soit x grammes. On ajoute lentement et en agitant constamment 3-4x^{cm^3} d'acide trichloracétique N/2. On laisse 10-15 minutes en contact à la température du laboratoire, puis on centrifuge à 6000 tours/m pendant 5 minutes, on décante le liquide surnageant que l'on met à dialyser 3 heures contre de l'eau douce courante. Après ce temps, pour les essais chimiques, on met à dialyser 3 heures contre un grand volume d'eau distillée; pour les essais biogiques, on met les dialyseurs contre l'eau de mer courante, pendant 3 heures également.



Agrégation du sperme concentré de *Paracentrotus lividus* par l'extrait trichloracétique d'ovules de la même espèce (après une minute).

L'extrait ainsi obtenu possède la propriété d'agréger fortement par les flagelles les spermatozoïdes de *Paracentrotus lividus*. Insistons sur ce qu'il s'agit bien d'une *agrégation* et en aucun cas d'une agglutination au sens sérologique du terme, le phénomène présentant un caractère fugace.

Chimiquement, le liquide provenant de la dialyse rapide est plus ou moins opalescent; il précipite par plusieurs volumes d'acétone ou d'éthanol 95° GL, donne une réaction de Molisch positive (cette fraction glucidique ne paraît toutefois pas avoir un rôle essentiel).

De ces données succinctes il ressort principalement que :

1° on peut extraire la fertilisine de *Paracentrotus lividus* par CCl_3CO_2H N/3, et par conséquent :

2° en admettant qu'au cours de l'analyse poursuivie actuellement on puisse mettre en évidence une fraction active polypeptidique, on ne saurait évidemment la comparer à une globuline-anticorps.

MICROBIOLOGIE. — *Localisation et rôle des deux acides nucléiques chez les bactéries; le problème du noyau bactérien.* Note (¹) de MM. **André Boivin, Robert Tulasne** et **Roger Vendrely**.

L'analyse chimique nous a révélé la coexistence constante de l'acide ribonucléique et de l'acide désoxyribonucléique chez de nombreuses espèces bactériennes (²). Poursuivant nos recherches, nous avons pu localiser histochimiquement ces deux acides. Pour cela, nous avons utilisé les enzymes ribonucléase et désoxyribonucléase (isolés du pancréas) et avons fait appel au colorant de Giemsa (basophilie) pour déceler l'acide encore en place après action enzymatique. Nos études ont porté, jusqu'à maintenant, sur les bacilles du groupe entérique (colibacilles, dysentériques, *Salmonella*), sur les bacilles du groupe *anthracis-subtilis*, sur le bacille diphtérique, ainsi que sur divers cocci ; staphylocoque pyogène, streptocoque hémolytique et gonocoque, avec des résultats concordants.

L'acide ribonucléique se localise dans un cytoplasme périphérique. Il est plus abondant dans les cultures toutes jeunes (phases de latence et de multiplication exponentielle) que dans les vieilles cultures (phase de quasi-repos). Ainsi, une corrélation générale se laisse deviner entre la teneur des germes en acide ribonucléique cytoplasmique et leur pouvoir de multiplication.

L'acide désoxyribonucléique se confine dans un noyau dense, arrondi ou un peu allongé, de quelques centaines de mμ de dimension. Les bacilles renferment un, deux ou plusieurs de ces noyaux; les cocci en ont un ou souvent deux. Le noyau montre des figures de division, qui peuvent s'interpréter comme il suit : division en deux masses compactes, d'abord étroitement accolées, puis se séparant l'une de l'autre. La méthode aux enzymes nous a permis de retrouver le noyau des bacilles entériques et celui des bacilles du groupe *anthracis-subtilis*, déjà vus par Robinow grâce à sa technique empirique à l'acide chlorhydrique et au Giemsa (³); elle nous a permis, en outre, de découvrir le noyau du bacille diphtérique et celui de divers cocci, inconnus jusqu'à maintenant.

Les recherches des généticiens américains (Tatum en particulier) ne laissent guère de doute quant à l'existence, chez les bactéries, de gènes responsables des caractères héréditaires et susceptibles de se modifier par mutation. Les travaux de l'équipe d'Avery et nos propres travaux (⁴) ont montré le rôle que peut jouer l'acide désoxyribonucléique d'une bactérie comme vecteur des caractères de cette bactérie, dans le curieux processus des mutations *dirigées*. Les études récentes de Lederberg et Tatum donnent enfin de sérieuses raisons

(¹) Séance du 13 octobre 1947.

(²) *Comptes rendus*, **222**, 1946, p. 1357.

(³) Nous avons mis en lumière, ici même, le mécanisme chimique de cette technique et indiqué que ClH élimine beaucoup plus rapidement l'acide ribonucléique que l'acide désoxyribonucléique (*Comptes rendus*, **223**, 1946, p. 342).

(⁴) *Comptes rendus*, **221**, 1945, pp. 646 et 718.

génétiques de croire à l'intervention d'une sexualité occasionnelle chez les bactéries. Compte tenu de ces faits et de nos observations personnelles rapportées ci-dessus, sur l'apparence du noyau et sur son comportement dans les phénomènes de division, nous sommes conduits à la conception suivante de la structure des bactéries.

Les bactéries renfermeraient un noyau vrai, dépositaire des caractères héréditaires et capable de mutations. Leur état habituel serait représenté par une phase haploïde à un seul chromosome, qui se multiplierait activement par divisions asexuées. La phase diploïde serait exceptionnelle et de courte durée : on n'a pu encore la caractériser morphologiquement et l'on n'a que des preuves génétiques de son existence. Du fait des *entrecroisements* possibles à la méiose, la forme diploïde résultant de la conjugaison de deux formes haploïdes génotypiquement distinctes pourrait conduire à des formes haploïdes génotypiquement nouvelles, assortissant en nouvelles combinaisons les gènes amenés par les bactéries mises en présence. Ainsi s'éclairerait l'apparition des formes biochimiquement nouvelles, dans les expériences où Lederberg et Tatum cultivent côte à côte, dans le même milieu, deux mutants d'irradiation du colibacille différant par certaines de leurs propriétés biochimiques. Cette conception est, certes, encore largement hypothétique, mais elle nous paraît expliquer, au mieux, l'ensemble des faits actuellement connus ou entrevus, quant à la biologie des bactéries.

SÉROLOGIE. — *Nature de l'agglutinine anti-typhus du sérum de Lapin.* Note (1) de MM. **Georges Sandor** et **Paul Giroud**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

L'un de nous a montré dans plusieurs Notes comment le fractionnement des sérums par dialyse en euglobulines et pseudoglobulines permet de séparer les anti-corps en anti-bactéries et anti-toxiques (2) (3) (4). La présente Note étend ces observations au sérum de Lapin injecté par voie pulmonaire avec des Rickettsies.

Rappelons que la technique consiste à dialyser les sérums contre l'eau distillée pendant trois jours à la glacière. Le précipité qui apparaît est appelé l'euglobuline I. Puis, après dilution au 1/5e de son volume dans l'eau distillée, le sérum est acidifié légèrement avec de l'acide acétique dilué. Un deuxième précipité apparaît que nous avons dénommé l'euglobuline II.

Contrairement aux sérums du Cheval et de l'Homme, celui du Lapin ne contient que des traces d'euglobuline I. Sa teneur en euglobuline II par contre est sensiblement double de celle des deux sérums précédents. Notre règle immunologique tient, cependant, dans le cas présent encore. Les agglutinines

(1) Séance du 23 juin 1947.

(2) G. Sandor, *Xe Congrès de Chimie biologique*, Liége, octobre 1946.

(3) G. Sandor et M. Bessis, *Comptes rendus*, 223, 1946, p. 962.

(4) G. Girard et Sandor, *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 1078.

anti-Rickettsies, en effet, sont contenues en majeure proportion et parfois même exclusivement dans l'euglobuline II.

Or, cette euglobuline II du sérum du Lapin peut être séparée en deux fractions distinctes : l'euglobuline IIA, soluble dans les solutions diluées d'électrolytes, et l'euglobuline IIB, insoluble dans ces solutions en milieu faiblement acide. Pour opérer cette séparation, nous nous sommes arrêtés finalement à la technique suivante. Nous avons dissous le précipité euglobulinique dans un volume d'eau physiologique pour 10 du sérum du départ à l'aide de quelques gouttes d'acide acétique normal. Puis, après neutralisation avec de la soude normale, la solution concentrée a été diluée avec 4 fois son volume d'une solution tampon phosphate de Sœrensen M/80 de pH 6,6 et acidifiée légèrement avec de l'acide acétique dilué. L'euglobuline IIB se sépare alors, et les eaux mères, parfaitement limpides, légèrement colorées en brun, contiennent l'euglobuline IIA. Les caractères physiques, chimiques et immunologiques de ces fractions sont résumés ci-après :

	Eu IIA.	Eu IIB.	Pseu.	Sérum.
Sérum n° 1.				
Protéides (‰)	3,9	4,5	9	
Aspect	limpide	opalescent	limpide	
Teneur en substances lipoïdiques %	5,5	39	6	
Taux agglutinant	1/40	0	0	1/40
Sérum n° 2.				
Protéides (‰)	4,6	4,2	8,3	
Aspect	limpide	opalescent	limpide	
Teneur en substances lipoïdiques (%)	4,4	46	4	
Taux agglutinant	1/15	0	1/15	1/40

Les agglutinines se trouvent donc sélectivement dans l'euglobuline IIA.

L'euglobuline IIA paraît ainsi suppléer en quelque sorte à l'euglobuline I des sérums de l'Homme et du Cheval, elle aussi dépourvue de lipides et elle aussi sélectivement active du point de vue antibactérien. L'euglobuline IIB, par contre, représente un complexe lipidoprotéidique, comme l'euglobuline II totale des sérums du Cheval et de l'Homme et, tout comme celle de cette dernière, son activité immunitaire aussi n'est qu'accidentelle.

SÉROLOGIE. — *Sensibilisation et choc croisés obtenus à l'aide de sérum et de la résine d'Euphorbe.* Note de MM. **Wladislas Kopaczewski** et **Paul Valade**, présentée par M. Hyacinthe Vincent.

En 1931 [1] nous avons signalé la possibilité de provoquer un choc mortel en injectant aux cobayes, préalablement sensibilisés avec du sérum de Cheval, des dispersions de colloïdes électropositifs (hémoglobine et hydroxyde de fer).

[1] P. Carneiro et W. Kopaczewski, *Comptes rendus*, 192, 1931, p. 1595.

Puis, en 1935, nous avons vu que les animaux sensibilisés à l'aide d'une matière protéique répondent par un choc à une dépression atmosphérique accentuée (²).

Nous allons relater ici une série d'expériences élargissant les faits en question : elles ont été effectuées avec des aérosols d'euphorbol, résine cristallisée, isolée du latex de l'*Euphorbia resinifera* (³).

Douze cobayes, d'un poids moyen de 500 grammes, sont sensibilisés par une injection sous-cutanée de $0^{cm^3},2$ du sérum antitétanique, dilué au dixième; douze autres cobayes subissent dans une chambre d'empoussiérage (⁴) l'action d'aérosols d'euphorbole, durant 30 minutes. La concentration de cet aérosol est d'un milligramme par mètre cube; en admettant la capacité respiratoire d'un cobaye égale à 15^{cm^3} et le rythme respiratoire à 15 par minute, la totalité de la matière solide inspirée est de 0,5 microgramme.

Au bout de 27 jours, les cobayes ayant été traités par l'empoussiérage avec de l'euphorbol subissent une injection intra-jugulaire de 1^{cm^3} de sérum antitétanique, dilué au dixième : on observe alors de l'inquiétude, puis de l'agitation plus ou moins vive, avec émission de matières fécales et d'urines, des secousses du diaphragme et, parfois, quelques soubresauts; 30 minutes après, la température rectale des animaux s'abaisse à 36°,8 et même à 36°,3 C.

On est en présence d'un choc typique d'une intensité moyenne.

Les cobayes, sensibilisés par du sérum antitétanique, sont placés durant 45 minutes, dans la chambre d'empoussiérage, remplie d'aérosols d'euphorbol : on constate, dix minutes après le commencement de l'expérience, l'apparition de secousses du diaphragme chez tous les animaux; 20 minutes après, chez quelques-uns, de la parésie du train postérieur; à la 45ᵉ minute, certains cobayes sautent en l'air, d'autres ont une respiration dyspnéique; à ce moment, la température rectale s'abaisse jusqu'à 35°,2-36°,7 C. Cette fois-ci encore on est en présence d'un choc anaphylactique net.

Nous avons, d'autre part, provoqué le choc chez des cobayes (8 animaux) sensibilisés avec du sérum antitétanique, en leur injectant dans la veine jugulaire 1^{cm^3} d'une solution hydro-alcoolique d'euphorbol cristallisé en concentration de 1 ‰ : on observe alors, immédiatement après, l'émission de matières fécales et d'urine ainsi que des démangeaisons; la respiration est irrégulière; parfois (trois cas) mouvements convulsifs, puis tremblement et polypnée; la température est abaissée aux environs de 34° C.

Notons que l'injection intra-jugulaire, à des cobayes non sensibilisés, de 1^{cm^3} d'une solution hydroalcoolique d'euphorbol à 1 % (dose 10 fois plus forte) est parfaitement tolérée (⁵). Par contre, l'empoussiérage durant 45 minutes, des animaux supposés normaux, provoque du larmoiement, des effets sternuta-

(²) W. Kopaczewski et S. Marczewski, *Comptes rendus*, **201**, 1935, p. 568.
(³) W. Kopaczewski et G. Dupont, *Bull. Soc. Chim.*, séances du 23 mai et 11 juin 1947.
(⁴) Modèle établi par l'un de nous (V), utilisé à la Poudrerie Nationale du Bouchet.
(⁵) W. Kopaczewski, *Bull. Inst. d'Hygiène du Maroc*, **4**, 1944, p. 73 et *Thérapie*, **1**, 1946, p. 101.

toires, des mâchonnements et du prurit nasal; mais tous ces signes disparaissent une demi-heure après l'arrêt de l'expérience et la température rectale ne subit aucun abaissement.

Conclusion. — Il est possible de sensibiliser les cobayes avec des aérosols d'euphorbol puis de provoquer un choc par du sérum de Cheval, et, *vice versa*, on peut engendrer le choc par des aérosols d'euphorbol chez les cobayes sensibilisés avec du sérum de Cheval.

IMMUNOLOGIE. — *Vaccination des Bovins contre la fièvre aphteuse.* Note [1] de M. **Paul Durand** et M^lle **Georgette Cordier**, transmise par M. Gaston Ramon.

En traitant le virus aphteux par les antiseptiques soufrés, dont l'un de nous s'est servi avec succès dans la préparation du vaccin contre le typhus exanthématique et de divers vaccins microbiens [2], nous avons pu nous rendre compte que, sous certaines conditions de concentration et de temps d'action, le diéthyldithiocarbamate de Na (que nous appellerons dorénavant diéthyl) rendait le virus inactif vis-à-vis du Cobaye et immunisait cet animal contre une injection virulente ultérieure.

Passant à l'expérimentation sur les Bovins, nous avons adopté la méthode suivante : les animaux ont été vaccinés par paires, soit avec le vaccin Waldmann à titre de témoin, soit avec des vaccins approximativement de même richesse en matière virulente que le vaccin Waldmann. Le virus O d'origine tunisienne, entretenu sur cobayes et actif en moyenne à $0^{cm^3},1$ d'une dilution au millionième, a été traité (dilué à 1/15) par le diéthyl à 1 ou 2 °/₀₀ et utilisé tel quel (vaccin D), ou bien a été ensuite émulsionné en lanoline-huile de vaseline (vaccin DL), ou encore absorbé par un carbone actif (vaccin DC) suivant la technique de l'un de nous [3]. Des prises de sang échelonnées ont permis de déceler l'apparition possible d'anticorps protecteurs dans le sérum des vaccinés qui furent ensuite soumis au bout d'un temps plus ou moins long à l'infection aphteuse.

Une première série a comporté une paire de bovins traités au vaccin type Waldmann d'origine suisse, une paire au vaccin D, une au vaccin DC, une au vaccin DL.

Dans une deuxième série, les paires ont été vaccinées par un vaccin type Waldmann d'origine suisse ; une autre par un vaccin type Schmidt d'origine danoise, une par le vaccin D, une par le vaccin DC, une par le vaccin DL, une par un vaccin formolé à 1 °/₀₀ adsorbé par le carbone (FC), une enfin par le même virus formolé, émulsionné en lanoline-huile de vaseline (FL).

Pour ces deux premières séries, les vaccins Waldmann avaient été utilisés

(1) Séance du 13 octobre 1947.

(2) P. Durand, *Comptes rendus*, **215**, 1942, p. 41 ; *C. R. Soc. Biol.*, **129**, 1945, p. 719 ; *Rev. d'Immunologie*, **2**, 1947, p. 71.

(3) G. Cordier, *Comptes rendus*, **208**, 1939, p. 1364 ; *Rec. Méd. Vét.*, **115**, n° **10**, 1939, p. 599 ; **116**, n° **2**, 1940, p. 69.

dans les meilleures conditions et les moindres délais de réception, les autres vaccins avaient été préparés peu de jours avant l'emploi. Deux bovins formant à eux seuls une troisième série ont été vaccinés avec ce qui restait du lot de vaccin DL qui avait servi à la première série et qui avait été conservé 99 jours à la chambre froide.

Pour l'épreuve virulente, quatre scarifications parallèles de 5 à 6^{cm} ont été pratiquées sur la face antérieure de la gencive inférieure et autant sur la face postérieure. Les scarifications et toute la cavité buccale ont été badigeonnées largement avec un tampon imbibé du mélange d'une émulsion à 1 °/₀ de notre virus de provenance Cobaye et de la bave virulente d'un veau neuf préalablement inoculé du même virus. L'épreuve a eu lieu en même temps pour 2 veaux témoins neufs et pour les trois séries de vaccinés, soit respectivement 172 jours, 125 jours et 77 jours après leur vaccination.

Les chances d'infection ont été renforcées par la multiplication des contacts entre veau fournisseur de virus, témoins et vaccinés infectés avec les animaux restés sains, par l'abstention systématique de précautions au cours des soins journaliers et dans l'examen quotidien des muqueuses. Pour plus de rigueur, une semaine après la première infection d'épreuve, un second badigeonnage fut pratiqué avec un autre virus du même type O, plus récemment isolé. Les résultats ont été enregistrés comme il suit, sept jours après cette seconde inoculation :

les deux témoins ont fait une fièvre aphteuse typique;

l'immunité a été incomplète avec les vaccins D (3 réagissants sur 4); DC (1 réagissant sur 4) et FC (1 réagissant faiblement sur 2);

la résistance a été complète, sans même présence d'un aphte primaire chez cinq vaccinés Waldmann-Schmidt sur cinq [4], chez six vaccinés DL sur six, chez deux vaccinés FL sur deux.

Laissant provisoirement de côté les deux derniers animaux, nous pourrions conclure de l'épreuve que le vaccin diéthyl-lanoline, capable de se conserver plus de trois mois à la glacière, ne paraît pas doué d'une activité inférieure à celle du vaccin Schmidt-Waldmann.

Mais la recherche des anticorps protecteurs pour le Cobaye [5] qui n'en décèle la présence que chez les seuls bovins traités par le vaccin DL (35ᵉ et 65ᵉ jour pour la première série, 38ᵉ et 61ᵉ pour la deuxième, la recherche n'ayant pas été faite dans la troisième série) est nettement en faveur de ce dernier vaccin.

A $16^h 15^m$ l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à $16^h 45^m$.

A. Lx.

(4) Un bovin Waldmann de la première série dut être abattu pour tuberculose intercurrente.

(5) 5^{cm^3} de sérum de bovin sont injectés sous la peau d'un cobaye que l'on inocule ensuite par piqûres multiples à travers une goutte de virus à 1 %.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 27 OCTOBRE 1947.

PRÉSIDENCE DE M. Louis BLARINGHEM.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

ANALYSE DIMENSIONNELLE. — *Sur une démonstration illusoire.* Note [1] de M. **Robert Esnault-Pelterie** [2].

Tous les auteurs, sauf un, démontrent la réduction du nombre des variables de Vaschy en débutant ainsi : « Considérons la relation

$$f(g_1, g_2, \ldots, g_n) = 0, \tag{1}$$

qui relie entre eux n paramètres physiques, et développons f en série multiple (de Taylor dit l'un), nous obtiendrons *évidemment* une suite de monomes produits de puissances des variables et tous de mêmes dimensions. »

Examinons à fond le mécanisme de cette opération [3].

Fonctions mathématiques. — Ce sont les « fonctions » tout court de l'usage, conçues dans l'abstraction mathématique sur des variables que notre esprit créa *monomorphes* (douées de la seule « qualité de quantité »). On les applique sans examen aux variables dimensionnées, donc *polymorphes*, du Physicien.

Fonctions physiques. — Ce sont des fonctions mathématiques appliquées à des grandeurs physiques *polymorphes*.

Lemme. — *Considérant la suite que forment une fonction physique, toutes ses dérivées successives d'une part et toutes ses intégrales successives d'autre part, la différence entre les dimensions de l'un quelconque des termes de cette suite et celles du suivant est la même pour tous et égale aux dimensions de la variable.*

Considérons une fonction quelconque $\varphi(m)$ et ses dérivées successives :

$$\frac{d\varphi}{dm} = \varphi'; \qquad \frac{d\varphi'}{dm} = \frac{d^2\varphi}{dm^2} = \varphi'', \qquad \ldots. \tag{2-2a}$$

---

(1) Séance du 13 octobre 1947.

(2) *Voir* également *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 606.

(3) *L'Analyse dimensionnelle* (nos 20-4, 21), sous presse, Lausanne, 1947.

Les entités et les opérations représentées par le symbolisme ci-dessus furent conçues dans l'abstraction *noocosmique* ([4]), comme il a été dit.

Supposons que les symboles et opérations (2) soient appliqués à des entités dimensionnées, et représentons symboliquement par

D	les dimensions de	φ	et de	$d\varphi$,
D_1	»	φ'	»	$d\varphi'$,
D_n	»	φ^n	»	$d\varphi^n$,
enfin par D_m	celles de	m	»	dm,

Nous voyons par les formules (2-2a) que le principe d'homogénéité exige qu'en toute circonstance

$$D_n - D_{n-j} = D_{(mj)} = j D_m. \tag{3}$$

Si le nombre des grandeurs fondamentales est de k, l'équation symbolique (3) correspondra à k équations, une en chacune des grandeurs fondamentales.

Corollaire 1. — *Une suite comme celle qui vient d'être considérée peut comprendre* une *fonction dénuée de dimensions, mais* une seule; *elle peut aussi n'en pas comprendre.*

Corollaire 2. — *Si, dans une telle suite, l'un quelconque des termes et le suivant ne présentent pas de différence de dimensions, ces fonctions ne peuvent admettre, comme variable, qu'une grandeur dénuée de dimensions et réciproquement.*

Corollaire 3. — *Dans ce cas, toutes ces fonctions sont dénuées de dimensions, puisqu'elles ne comportent aucune grandeur dimensionnée.*

Développements en série multiple sur grandeurs physiques. — Je rappellerai le mécanisme de ce développement sur variables mathématiques monomorphes.

Soit une fonction de trois variables

$$\varphi(x, y, z) = u. \tag{4}$$

Au lieu d'écrire directement $\varphi(x+h,\ y+j,\ z+k)$, on écrit d'abord $\varphi(x+ht, y+jt, z+kt)$; on effectue le développement de Mac Laurin par rapport à t seul, puis on fait $t=1$.

Posons

$$\left(\frac{\partial u}{\partial x}\right)h + \left(\frac{\partial u}{\partial y}\right)j + \left(\frac{\partial u}{\partial z}\right)k = U'. \tag{5}$$

La série de Taylor multiple s'écrira, en puissances symboliques,

$$\varphi(x+h,\ y+j,\ z+k) = \varphi(x,\ y,\ z) + U' + \frac{1}{2!}U'^{(2)} + \ldots + \frac{1}{n!}U'^{(n)} + \ldots. \tag{6}$$

Développons les U' en nous limitant aux termes du second ordre :

$$\begin{aligned} \varphi(x+h, y+j, z+k) &= \varphi(x, y, z) + \left[\left(\frac{\partial u}{\partial x}\right)h + \left(\frac{\partial u}{\partial y}\right)j + \left(\frac{\partial u}{\partial z}\right)k\right] + \left[\left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2}\right)h^2 + \left(\frac{\partial^2 u}{\partial y^2}\right)j^2 + \left(\frac{\partial^2 u}{\partial z^2}\right)k^2\right] \\ &\quad + 2\left[\left(\frac{\partial^2 u}{\partial x\,\partial y}\right)hj + \left(\frac{\partial^2 u}{\partial x\,\partial z}\right)hk + \left(\frac{\partial^2 u}{\partial y\,\partial z}\right)jk\right]. \end{aligned} \tag{6'}$$

([4]) *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 606.

La série de Mac Laurin multiple s'écrira, elle,

$$(7)\qquad \varphi(x, y, z) = \varphi(0, 0, 0) + U'_0 + \frac{1}{2!}U'^{(2)}_0 + \ldots + \frac{1}{n!}U'^{(n)}_0 + \ldots,$$

soit, en développant les U'_0,

$$(8)\quad \varphi(x, y, z) = \varphi(0, 0, 0) + \left[\left(\frac{\partial\varphi}{\partial x}\right)_0 x + \left(\frac{\partial\varphi}{\partial y}\right)_0 y + \left(\frac{\partial\varphi}{\partial z}\right)_0 z\right] + \left[\left(\frac{\partial^2\varphi}{\partial x^2}\right)_0 x^2 + \left(\frac{\partial^2\varphi}{\partial y^2}\right)_0 y^2 + \left(\frac{\partial^2\varphi}{\partial z^2}\right)_0 z^2\right] + 2\left[\left(\frac{\partial^2\varphi}{\partial x\,\partial y}\right)_0 xy + \left(\frac{\partial^2\varphi}{\partial x\,\partial z}\right)_0 xz + \left(\frac{\partial^2\varphi}{\partial y\,\partial z}\right)_0 yz\right].$$

Homogénéité mathématique. — Celle-ci saute aux yeux.

Homogénéité physique. — Elle est beaucoup plus complexe : si nous nous référons aux lemme et corollaires ci-dessus, nous voyons que chaque dérivée va posséder des dimensions égales à celles de la fonction primitive diminuées de celles des variables par rapport auxquelles on a dérivé.

Mais chacune de ces dérivées est précisément multipliée, soit par les variables par rapport auxquelles on a dérivé (Mac Laurin), soit par les variations de ces variables (Taylor), qui ont mêmes dimensions que les variables elles-mêmes. Chaque terme du développement aura donc, dans son ensemble, les mêmes dimensions que la fonction primitive, comme il se doit.

Dans les deux cas ci-dessus, les dérivées auront des dimensions qui seront en général différentes au sein du même terme du développement. Ces dimensions ne peuvent résulter que de produits de puissances de *valeurs fixes* des variables, se trouvant en facteur; *ce sont des constantes dimensionnées*. Leurs dimensions défectives sont compensées par celles de produits des variations des variables (Taylor) ou des variables elles-mêmes (Mac Laurin), qui se trouvent en facteur.

Pour obtenir uniquement des produits de puissances des variables elles-mêmes, comme on l'annonce habituellement, il faut effectuer un autre développement qu'il est étonnant de ne voir mentionner nulle part, en faisant, dans (6′), $h = x$, $j = y$ et $k = z$, ce qui est loisible. Changeant de variables :

$$(9)\qquad \varphi(x, y, z) = \varphi\left(\frac{x}{2}, \frac{y}{2}, \frac{z}{2}\right) + \frac{2^{-1}}{1}U'_{\frac{1}{2}} + \frac{2^{-2}}{2!}U'^{(2)}_{\frac{1}{2}} + \ldots + \frac{2^{-n}}{n!}U'^{(n)}_{\frac{1}{2}} + \ldots,$$

où

$$(10)\qquad U'_{\frac{1}{2}} = \left(\frac{du}{dx}\right)_{\frac{1}{2}} x + \left(\frac{du}{dy}\right)_{\frac{1}{2}} y + \left(\frac{du}{dz}\right)_{\frac{1}{2}} z,$$

l'indice $\frac{1}{2}$ indiquant que les dérivées sont prises sur la fonction

$$(11)\qquad (u)_{\frac{1}{2}} = \varphi\left(\frac{x}{2}, \frac{y}{2}, \frac{z}{2}\right);$$

et par rapport à $x/2$, $y/2$, $z/2$.

Signification du résultat ainsi obtenu. — *Premier cas. — La fonction $\varphi(x, y, z)$ de (9) est dimensionnée.* — Ses dimensions ne sauraient provenir que de produits de puissances des variables physiques. S'il s'agit d'un polynome entier,

(9) se réduit à une identité; s'il s'agit d'un polynome non entier, nous avons transformé une suite finie, *préexistante*, de produits de puissances des variables en une suite indéfinie.

Second cas. — La fonction $\varphi(x, y, z)$ *de* (9) *est indimensionnée.* — S'il s'agit de sommes de produits de puissances dénués de dimensions, nous retombons sur l'un des deux cas précédents.

S'il s'agit d'une fonction mathématique analytique de produits de puissances indimensionnés, nous l'aurons réellement transformée en une suite indéfinie de monomes, produits de puissances des produits *préexistants*.

Conclusion. — Dans tous les cas, les produits de puissances des variables physiques dimensionnées *préexistaient et ce n'est nullement le développement qui les a fait apparaître; toute démonstration du théorème* II *à partir d'un développement en série est donc illusoire.*

Comme M. Henri Villat a fait observer que la seule démonstration ne partant pas d'un développement, était erronée, le théorème II n'avait, en fait, jamais été démontré valablement.

J'ai pu établir deux démonstrations dont l'une se réduit à peu près à une constatation, l'autre étant une rectification de la démonstration erronée.

ÉCONOMIE RURALE. — *A propos de la printanisation* (1). Note de M. **Henri Devaux.**

J'ai remarqué avec un vif intérêt le vœu émis, le 6 octobre dernier, par l'Académie, au nom de la Commission des Recherches agronomiques et visant à appliquer la méthode de printanisation comme remède à la destruction des blés d'hiver par la gelée.

A ce propos, je crois utile de signaler à l'Académie le fait que M. Roger David, Maître de Conférences à la Faculté des Sciences, spécialiste de la printanisation, avait, dès le mois de février 1947, aussitôt après les dégâts causés par les gelées de janvier, adressé aux pouvoirs publics, une lettre pressante indiquant la possibilité de remédier immédiatement aux dommages à déplorer, grâce à la technique de la printanisation.

Cette technique a donné, pour les céréales, des résultats permettant une utilisation immédiate, comme l'ont montré en Russie, avant la guerre, les essais effectués dans de nombreuses fermes collectives (2).

L'initiative de M. Roger David aurait pu être suivie utilement au moins de quelques essais officiels.

---

(1) Voir plus loin page 763, la note de MM. Roger David et Jean Séchet.

(2) David, *Actualités scientifiques et industrielles*, n° 1013, Hermann, Paris, 1946, p. 100.

M. CHARLES JACOB fait hommage à l'Académie d'une Notice intitulée *Charles Barrois*, 1851-1939, qu'il vient de publier dans les *Obituary Notices of Fellows of the Royal Society*, volume 5, mars 1947.

CORRESPONDANCE.

M. le SECRÉTAIRE PERPÉTUEL signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Éphémérides nautiques ou extrait de la Connaissance des temps pour l'an* 1948, Ouvrage publié par le BUREAU DES LONGITUDES, spécialement à l'usage des marins.

2° *L'Union internationale de physique pure et appliquée* (*Assemblée générale de janvier* 1947).

3° Faculté de médecine de Paris. Chaire de Pathologie exotique. *Leçon inaugurale* du Professeur LAVIER.

4° *Carte géologique internationale de l'Afrique* exécutée conformément aux vœux du Congrès géologique international, dressée et publiée par le BUREAU D'ÉTUDES GÉOLOGIQUES ET MINIÈRES COLONIALES. Feuille n° 3.

THÉORIE DES GROUPES. — *Sur les groupes abéliens primaires sans éléments de hauteur infinie.* Note de M. LÉO KALOUJNINE, présentée par M. Jacques Hadamard.

Dans la présente Note, j'établis quelques propriétés des groupes abéliens satisfaisant à certaines conditions. (La loi de composition sera notée additivement.)

Un groupe s'appelle *périodique* si tous ses éléments sont d'ordre fini. Une classification complète des groupes abéliens périodiques *dénombrables* a été obtenue surtout grâce aux travaux de Prüfer (1), Ulm (2) et Zippin (3). J'utilise l'exposé magistral de cette théorie donné par M. Kouroch (4).

Voici quelques faits connus, ainsi que quelques notions, dont je me sers dans la suite. Un groupe s'appelle *primaire*, si les ordres de tous ses éléments sont puissances d'un même nombre premier p. Tout groupe abélien périodique est une somme directe de groupes primaires. Un élément a d'un groupe abélien primaire $\mathcal{G}$ est dit de *hauteur* m (ou de *hauteur infinie*) dans $\mathcal{G}$, si m est le plus grand entier tel que (ou si pour tout m), $p^m x = a$ est résoluble

---

(1) *Math. Zeitsch.*, **17**, 1923, pp. 35-61.
(2) *Math. Ann.*, **107**, 1933, pp. 774-803.
(3) *Annals of Math.*, **36**, 1935, pp. 86-99.
(4) *Théorie des Groupes*, Moscou, 1944.

dans $\mathcal{G}$. Un sous-groupe $\mathcal{H}$ d'un groupe abélien primaire $\mathcal{G}$ est dit *servant* dans $\mathcal{G}$, si les éléments de $\mathcal{H}$ possèdent dans $\mathcal{H}$ la même hauteur que dans $\mathcal{G}$ (c'est-à-dire, pour tout m, $p^m\mathcal{H} = \mathcal{H} \cap p_m\mathcal{G}$).

On écrira dorénavant : 1° « f-groupe » pour « groupe abélien primaire sans éléments de hauteur infinie », et 2° « décomposable » pour « décomposable en une somme directe de groupes cycliques ». Avec ces conventions on a : *un f-groupe dénombrable et décomposable.* Ce fait important, connu sous le nom de théorème de Prüfer ([1]) et qui est à la base de la classification des groupes abéliens périodiques, n'est plus vrai pour les f-groupes non dénombrables ([4]). J'établirai une propriété plus générale qui subsiste sans aucune hypothèse sur la puissance du f-groupe.

$\mathcal{G}$ étant un f-groupe, considérons la topologie définie dans $\mathcal{G}$ par la suite des sous-groupes $p^i\mathcal{G}$ $(i = 0, 1, 2\ldots)$. Cette topologie, qu'on appellera la *topologie naturelle* de $\mathcal{G}$, est discrète si, et seulement si, les ordres des éléments de $\mathcal{G}$ sont bornés dans leur ensemble. Ceci étant, on démontre le

Théorème 1. — *Tout f-groupe $\mathcal{G}$ possède un sous-groupe $\mathcal{H}$ qui est :* 1° *servant dans $\mathcal{G}$*; 2° *partout dense dans $\mathcal{G}$ (au sens de la topologie naturelle)*; 3° *décomposable.*

Principe de la démonstration. — Un sous-ensemble M de $\mathcal{G}$ sera dit *linéairement indépendant au sens fort* (abrégé f. l. i.) si, pour tout sous-ensemble fini $\{a_1, a_2, \ldots, a_r\}$ de M et pour tout t, toute relation de la forme $\Sigma x_i a_i \equiv 0\,(p^t\mathcal{G})$ entraîne, pour tout i, $x_i \equiv 0(p^t)$. On voit aisément que l'ensemble des sous-ensembles f. l. i. (partiellement) ordonné par inclusion est un ensemble inductif ([5]), d'où, en vertu du théorème de Zorn, résulte l'existence des ensembles f. l. i. maximaux. Soit N un tel sous-ensemble f. l. i. maximal et soit $\mathcal{H}$ le sous-groupe de $\mathcal{G}$ engendré par N. On vérifie que $\mathcal{H}$ satisfait aux conditions 1°, 2°, 3°, du théorème 1.

Pour un f-groupe $\mathcal{G}$, la suite des groupes $\mathcal{G}/p^i\mathcal{G}$ $(i = 0, 1, 2, \ldots)$ sera dite *la suite des facteurs fondamentaux de $\mathcal{G}$.* $\mathcal{H}$ et $\mathcal{H}'$ étant deux f-groupes décomposables, on remarque que $\mathcal{H}$ est isomorphe à $\mathcal{H}'$ si, et seulement si, tous leurs facteurs fondamentaux correspondants le sont. En se basant sur ce fait, on démontre le

Théorème 2. — *$\mathcal{G}$ étant un f-groupe, tous les sous-groupes de $\mathcal{G}$ satisfaisant aux conditions* 1°, 2°, 3° *du théorème* 1 *sont isomorphes entre eux.*

On supposera dans la suite que $\mathcal{G}$ est un f-groupe dans lequel les ordres des éléments ne sont pas bornés dans leur ensemble. Soit $\overline{\mathcal{G}}$ le complété de $\mathcal{G}$ par rapport à sa topologie naturelle. $\overline{\mathcal{G}}$ n'est pas un groupe périodique. On appellera *quasi-complété* de $\mathcal{G}$ et l'on notera par $\mathcal{G}^*$ le sous-groupe maximal périodique de $\overline{\mathcal{G}}$. Si $\mathcal{G} = \mathcal{G}^*$, $\mathcal{G}$ sera dit *quasi-complet.* On vérifie les propriétés suivantes :

([5]) N. Bourbaki, *Théorie des ensembles* (fasc. de résultats), Paris, 1939.

Pour tout f-groupe $\mathcal{G}$, le quasi-complété $\mathcal{G}^*$ est un f-groupe quasi-complet et $\mathcal{G}$ est servant dans $\mathcal{G}^*$. D'autre part, si $\mathcal{G}$ est décomposable, on a $\mathcal{G} \subset \mathcal{G}^*$ ($\subset$ désignant l'inclusion stricte). En vertu du théorème 1, tout groupe quasi-complet est le quasi-complété d'un groupe décomposable. On en conclut, en se servant du théorème 2, qu'un groupe quasi-complet n'est jamais décomposable.

Le problème de la classification des f-groupes se ramène à la question de l'isomorphie des sous-groupes servants et partout denses des groupes quasi-complets.

CALCUL SYMBOLIQUE. — *Images des fonctions de Mathieu.* Note de M. **Pierre Humbert**, présentée par M. Henri Villat.

L'ouvrage récemment paru de M. N. W. Mc Lachlan [1] sur les fonctions de Mathieu, contient les équations intégrales vérifiées par ces fonctions, et dont beaucoup sont nouvelles. En les utilisant, j'ai pu résoudre un problème qui, à ma connaissance, n'avait pas encore reçu de solution satisfaisante, celui de la représentation symbolique des fonctions de Mathieu.

Commençons par préciser, d'après Mc Lachlan, les notations pour les diverses fonctions.

A côté des fonctions classiques, $ce_m(x)$ et $se_m(x)$, solutions périodiques de l'équation

$$y'' + (a - 2k^2 \cos 2x)y = 0, \tag{1}$$

on introduit les fonctions modifiées, $Ce_m(x)$ et $Se_m(x)$, de période πi, satisfaisant à l'équation

$$y'' - (a - 2k^2 \operatorname{ch} 2x)y = 0. \tag{2}$$

On a, pour ces fonctions, des développements tels que

$$Se_{2n+1}(x) = \sum_{r=0}^{\infty} B_{2r+1}^{(2n+1)} \operatorname{sh}(2r+1)x,$$

où les B sont des constantes connues.

Mc Lachlan introduit diverses solutions de seconde espèce de l'équation (2), dont l'une est développable en série de fonctions K de Bessel

$$Gek_{2n+1}(x) = \frac{se_{2n+1}\left(\frac{\pi}{2}\right)}{\pi k B_1^{(2n+1)}} \operatorname{th} x \sum (2n+1) B_{2r+1}^{(2n+1)} K_{2r+1}(-2ik \operatorname{ch} x).$$

Entre Se et Gek existe la relation intégrale suivante (où l'on suppose que

[1] *Theory and application of Mathieu functions*, Oxford, 1947.

toutes les fonctions de Mathieu y figurant correspondent au même paramètre k)

$$\mathrm{G}ek_{2n+1}(x) = -\frac{2ise_{2n+1}\left(\frac{\pi}{2}\right)}{\pi \mathrm{B}_1^{(2n+1)}} \int_0^\infty e^{2ik\,\mathrm{ch}x\,\mathrm{ch}u}\,\mathrm{sh}\,x\,\mathrm{sh}\,u\,\mathrm{S}e_{2n+1}(u)\,du.$$

Or, si dans cette relation nous posons $\mathrm{ch}\,u = 1 + t$ et $2k\,\mathrm{ch}\,x = ip$, il vient

$$\mathrm{G}ek_{2n+1}\left(\operatorname{argch}\frac{ip}{2k}\right) = -\frac{2\,e^{-p}se_{2n+1}\left(\frac{\pi}{2}\right)}{\pi \mathrm{B}_1^{(2n+1)}} \int_0^\infty e^{-pt}\sqrt{\frac{p^2}{4k^2}+1}\,\mathrm{S}e_{2n+1}[\operatorname{argch}(1+t)],$$

d'où la relation symbolique

$$\mathrm{S}e_{2n+1}[\operatorname{argch}(1+t)] \supset \frac{\pi k \mathrm{B}_1^{(2n+1)}}{se_{2n+1}\left(\frac{\pi}{2}\right)} \frac{p\,e^p}{\sqrt{p^2+4k^2}} \mathrm{G}ek_{2n+1}\left(\operatorname{argch}\frac{ip}{2k}\right).$$

On obtiendra de la même façon

$$\mathrm{S}e_{2n+2}[\operatorname{argch}(1+t)] \supset \frac{\pi k^2 \mathrm{B}_2^{(2n+2)}}{se'_{2n+2}\left(\frac{\pi}{2}\right)} \frac{p\,e^p}{\sqrt{p^2+4k^2}} \mathrm{G}ek_{2n+2}\left(\operatorname{argch}\frac{ip}{2k}\right).$$

Il existe des formules analogues pour $\mathrm{C}e_{2n}$ et $\mathrm{C}e_{2n+1}$. L'application à ces diverses correspondances de la transformation donnant $f(\mathrm{ch}\,t - 1)$ permettra d'écrire, sous forme d'intégrale, l'image de $\mathrm{S}e_m(t)$ ou de $\mathrm{C}e_m(t)$. Comme $\mathrm{C}e(t) = ce(it)$, et $\mathrm{S}e(t)$, et $\mathrm{S}e(t) = -is\,e(it)$, on aura immédiatement les images des fonctions de Mathieu proprement dites.

THÉORIE DE L'ÉLASTICITÉ. — *Sur le flambement des poutres droites à section constante et à moment d'inertie variable.* Note de M. **Florin Vasilesco**, présentée par M. Paul Montel.

L'emploi, dans les constructions, de poutres de grandes dimensions constituées généralement par un assemblage de cornières (section constante) implique leur dotation d'un moment d'inertie variable. La résistance au flambement leur permet ainsi de supporter de grandes charges et de transmettre des efforts considérables. Aucune étude d'ensemble ne paraît avoir été faite à leur égard. Quelques cas particuliers ont seulement été considérés.

Dans cette Note seront exposés les principes d'une méthode générale d'étude des problèmes posés par l'emploi de poutres dont le moment d'inertie varie selon une loi quelconque. Leur application à quelques problèmes de la pratique courante témoignera de leur efficacité.

Le choix d'une variable intrinsèque u s'impose, au préalable, pour individualiser chaque point M de la fibre moyenne AB, de la poutre, qu'elle soit au repos ou fléchie et comprimée. Soient s, L, les arcs AM et AB dans le premier cas, σ et Σ les mêmes longueurs dans le second cas, x et l les longueurs Am

(m projection de M sur la corde AB) et de la corde AB, F la charge de bout, E le module de Young, S la section droite de la poutre.

L'égalité $s = \sigma + (F/ES)x$ est valable pour tout point M et en particulier pour le point B. Un raisonnement facile entraîne l'égalité des variables numériques u, v, w définies ainsi :

$$u = \frac{2s}{L} - 1, \qquad v = \frac{2\sigma}{\Sigma} - 1, \qquad w = \frac{2x}{l} - 1.$$

Par suite, les quantités s, σ et x s'expriment en fonction de la seule variable intrinsèque u, croissant de -1 à $+1$ pour un parcours de M de A à B. Le moment d'inertie $\mathcal{I}$ de la poutre au point $M(u)$ peut alors être mis sous la forme $\mathcal{I}(u) = I_0 I(u)$, où $I(u)$ est une fonction numérique positive jamais nulle, égale à 1 pour $u = 0$, et où I_0 est le moment d'inertie au milieu O de la poutre.

Charges critiques. — La poutre est supposée fléchie et comprimée, en équilibre élastique sous l'action d'une charge de bout F. L'équation de la fibre moyenne déformée (courbe plane) Γ rapportée aux axes rectangulaires Ax (corde AB) et Ay dans le plan de la courbe, est de la forme

$$y = V(u) = V\left(\frac{2x}{l} - 1\right) = y(x),$$

et celle, bien connue, de l'équilibre élastique s'écrit

$$y''(x) = -\frac{F y(x)}{E\mathcal{I}}.$$

$I(u)$ *est supposée paire.*

1^er^ *Cas : Déformations paires.* — La fonction $V(u)$ est paire. Il en est de même de $V''(u) = \varphi(u)$. La recherche de $y(x)$ se ramène à celle de $\varphi(u)$, solution de l'équation intégrale

$$(1) \qquad I(u)\varphi(u) + \frac{Fl^2}{4EI_0}\int_{-1}^{u} du \int_{0}^{u} \varphi(u)\, du = 0.$$

Mais $\varphi(u)$ est de la forme $C\Phi(u)$, où C est une constante et $\Phi(u)$ une solution paire de l'équation différentielle obtenue par une double dérivation de la précédente et assujettie, en outre, à la condition $\Phi(1) = 0$ imposée par la nécessité de vérifier (1). Cette condition exprime la nullité de la courbure de Γ en A et B et apparaît ainsi comme une conséquence de l'équilibre élastique et non comme une hypothèse. C'est une équation en $\lambda = (Fl^2/4EI_0)$. L'équilibre élastique a lieu pour les seules valeurs de λ, solutions de cette équation. En particulier, *la charge la plus grande incompatible avec un flambement pair de la poutre est*

$$F_0 = \frac{4\lambda_0 EI_0}{L^2},$$

où λ_0 est le plus petit zéro réel et positif de la fonction entière de λ

$$(2) \qquad 1 - \lambda\int_0^1 du \int_0^u \frac{du}{I(u)} + \lambda^2 \int_0^1 du \int_0^u \frac{du}{I(u)} \int_0^u du \int_0^u \frac{du}{I(u)} - \ldots$$

Elle peut être appelée *charge critique paire*. Si $I(u) = 1$ (cas classique du moment d'inertie constant) la série exprime $\cos\sqrt{\lambda}$, d'où $\lambda_0 = (\pi^2/4)$ et F_0 devient la charge critique d'Euler.

La recherche exacte de λ_0 est du ressort de la théorie des fonctions de variable complexe. La pratique se contente d'une valeur approximative de λ_0 en raison des coefficients de sécurité qu'elle prévoit. La fonction $\Phi(u)$ est :

$$\Phi(u) = \frac{1}{I(u)}\left[1 - \lambda_0 \int_0^u du \int_0^u \frac{du}{I(u)} + \lambda_0^2 \int_0^u du \int_0^u \frac{du}{I(u)} \int_0^u du \int_0^u \frac{du}{I(u)} - \ldots\right]$$

2^e^ *Cas : Déformations impaires*. [$V(u)$ impaire]. — L'équation différentielle est la même, mais (1) est changée. Le résultat est

La charge la plus grande incompatible avec un flambement impair de la poutre est

$$F_1 = \frac{4\lambda_1 EI_0}{L^2},$$

où λ_1 est le plus petit zéro réel et positif de la fonction entière de λ

$$1 - \lambda \int_0^1 du \int_0^u \frac{u}{I(u)} du + \lambda^2 \int_0^1 du \int_0^u \frac{du}{I(u)} \int_0^u du \int_0^u \frac{u}{I(u)} du - \ldots .$$

Elle peut être appelée *charge critique impaire*.

La fonction impaire $\Psi(u)$ analogue à $\Phi(u)$ admet cette série entre crochets, avec les limites supérieures 1 remplacées par u et λ par λ_1.

3° *Cas général : $I(u)$ est quelconque. Résultat. — La charge critique* (c'est-à-dire la plus grande charge de bout incompatible avec une déformation élastique non rectiligne de la poutre ou encore avec un flambement de celle-ci) *est la charge critique impaire de la poutre doublée symétriquement par rapport à une de ses bases.*

D'où l'utilité de la charge du 2^e^ cas.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Remarques sur l'intégration approchée des équations du mouvement continu d'un fluide compressible*. Note [1] de M. **Chin Shih Kên**, présentée par M. Joseph Pérès.

On sait que dans le cas de Molenbrœck-Tchapliguine, caractérisé par des relations du type

$$(1) \qquad p = p_0 - \frac{A}{\rho}, \qquad q^2 = \frac{A}{\rho^2} + B,$$

entre la pression p, la masse spécifique ρ et la vitesse q, le potentiel des vitesses Φ et la fonction de courant Ψ se réduisent dans le plan de l'hodographe

[1] Séance du 8 octobre 1497.

convenablement repéré à des fonctions harmoniques conjuguées (mouvement subsonique) ou à des fonctions vérifiant l'équation élémentaire des ondes (mouvement supersonique).

M. J. Pérès a montré ([2]) que des réductions analogues pouvaient être obtenues pour des fonctions dérivant de Φ et Ψ par certaines transformations. Pour un couple quelconque φ, ψ des transformées qu'il envisage, on a des équations aux dérivées partielles

$$h\varphi'_\theta = \psi'_q, \qquad k\psi'_\theta = -\varphi'_q,$$

où h et k ne dépendent que de q et lorsque le rapport h/k est constant, ce qui caractérise certaines lois de dépendance entre p, q et ρ, on pourra, par changement de variable sur q et en modifiant ψ d'un facteur, se ramener à $h=k=1$, ou à $h=-k=1$.

Le cas le plus simple est celui des fonctions $\overline{\Phi}$ et $\overline{\Psi}$ dérivant de Φ et Ψ par la transformation de Legendre; les relations entre p, q, ρ sont alors

$$(2) \qquad p = p_0 + \mathrm{A}\int \frac{\rho^2\, d\rho}{(\rho^2-\mathrm{B})^2}, \qquad q^2 = \frac{\mathrm{A}}{\rho^2-\mathrm{B}}.$$

Lorsque B est positif, on fera sur q le changement de variable

$$q = \frac{1}{2}\sqrt{\frac{\mathrm{A}}{\mathrm{B}}}\left(\chi - \frac{1}{\chi}\right),$$

et il apparaît immédiatement que $\overline{\Phi}$ et $\overline{\Psi}$ sont des fonctions harmoniques conjuguées de $\xi = \chi\cos\theta$ et $\eta = \chi\sin\theta$, $\overline{\Phi} + i\overline{\Psi}$ est fonction analytique de $\chi e^{-i\theta}$. Lorsque B est négatif, on voit apparaître de même des solutions de l'équation élémentaire des ondes. Ce cas est envisagé en détail dans la Note de M. Pérès.

Les relations entre p, q et ρ du type (2), pas plus que celles du type (1), ne sont rigoureusement applicables à des fluides réels. Mais on peut envisager un fluide fictif satisfaisant (1) ou (2) et, s'il s'agit d'un mouvement dans lequel les vitesses ne s'écartent pas trop d'une valeur q_1, adapter les constantes du fluide fictif de façon qu'il donne, pour $q=q_1$, même ρ, même p, même nombre de Mach M que le fluide réel. Le mouvement réel sera ainsi approximativement défini par des fonctions harmoniques (cas subsonique) ou par des fonctions vérifiant l'équation élémentaire des ondes (cas supersonique).

Sans aborder l'étude d'autres extensions envisagées dans la Note citée, la question se pose de savoir quel est le plus avantageux des fluides fictifs (1) ou (2), pour la représentation approchée d'un fluide réel. Cette question peut être envisagée de divers points de vue.

a. L'adaptation des constantes assure que, pour la valeur q_1, les deux courbes $q(\rho)$ du fluide réel et du fluide fictif sont tangentes. Par comparaison

---

([2]) *Comptes rendus*, **219**, 1944, p. 501.

des courbures, on constate immédiatement que (1) est préférable en subsonique, (2) en supersonique.

b. On peut, d'autre part, envisager le rapport h/k, lequel, dans le cas du fluide réel isentropique, est égal à $(1-M^2)/\rho^2$ pour les fonctions Φ et Ψ et est égal à $1/(1-M^2)\rho^2$ pour les fonctions $\overline{\Phi}$ et $\overline{\Psi}$. Les solutions basées sur le fluide fictif seront donc particulièrement satisfaisantes quand la variation de h/k est lente et au voisinage des zéros de la dérivée $(h/k)'$. On reconnaît sans peine que la dérivée de $(1-M^2)/\rho^2$ ne s'annule que pour $M=0$, h/k étant alors constant au quatrième ordre près. La dérivée de $1/(1-M^2)\rho^2$ s'annule pour $M=0$ et pour $M=2/\sqrt{3-\gamma}=1,58$; pour cette valeur, l'approximation du fluide fictif (2) est particulièrement indiquée. On reconnaît d'ailleurs, sur les courbes représentatives des deux expressions h/k, que la même conclusion vaut en général pour $M \gg 1$.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Phénomènes d'électrisation dans une tuyère supersonique*. Note [1] de M. **Armel Sevault**, présentée par M. Georges Darrieus.

La présente Note est relative à des recherches concernant des effluves qui se présentent dans les souffleries supersoniques. Ce phénomène avait été signalé par M. Fernand Tesson [2] qui observait, en hiver et par temps humide, dans une tuyère de nombre de Mach égal à 2, une aigrette lumineuse en V à la pointe d'une maquette ogivale, les 2 branches du V étant dirigées vers l'amont.

Opérant en écoulement plan, nous disposions d'une tuyère dont la chambre d'expérience avait un nombre de Mach égal à 1,80. La figure 1 montre le

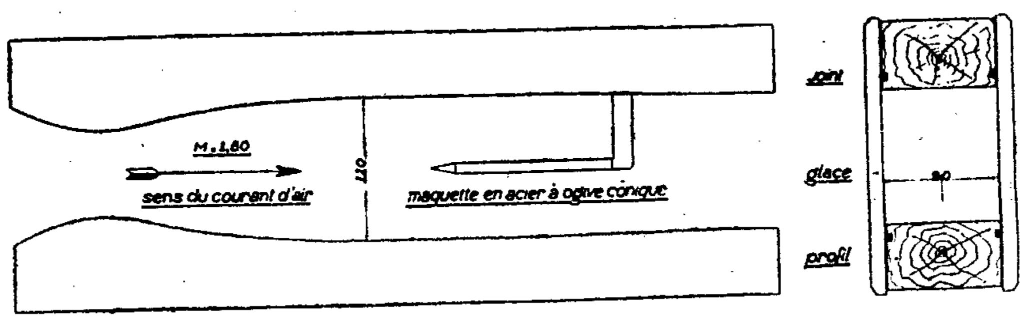


Fig. 1.

schéma de l'installation; on voit que l'étanchéité au plan de joint *glaces-profils-bois* était assurée par des bandes de caoutchouc. Le support de la maquette constituée par un cylindre en acier à ogive conique (angle au sommet 22°30′) traversait le profil en bois et était isolé de la masse; la pointe de la maquette était dirigée vers l'amont. Nous avons détendu de l'air comprimé de ville.

---

(1) Séance du 20 octobre 1947.

(2) *Comptes rendus*, 218, 1944, pp. 268-270.

Après quelques minutes de soufflage nous avons observé une effluve très lumineuse dont la figure 2 montre la photographie de l'aigrette en projection verticale. Nous avons constaté qu'en projection horizontale, l'aigrette est en forme de V dont les extrémités des 2 branches rejoignent les glaces (*fig.* 3).

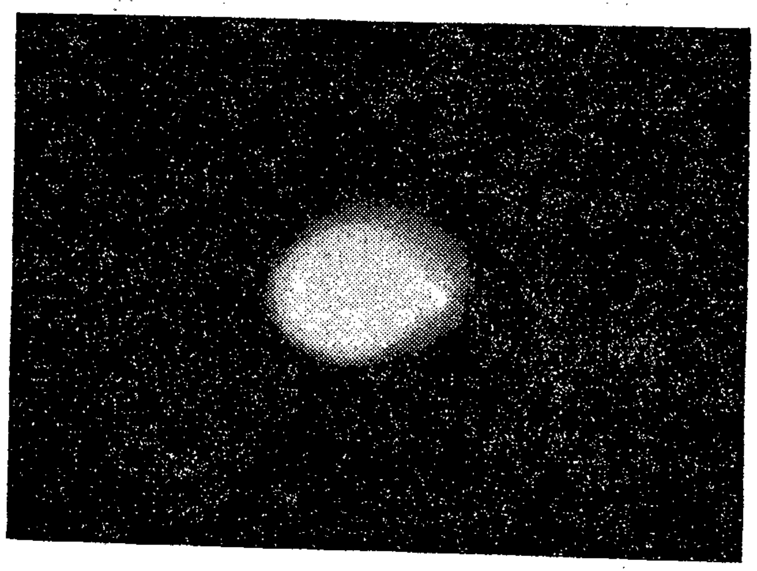


Fig. 2.

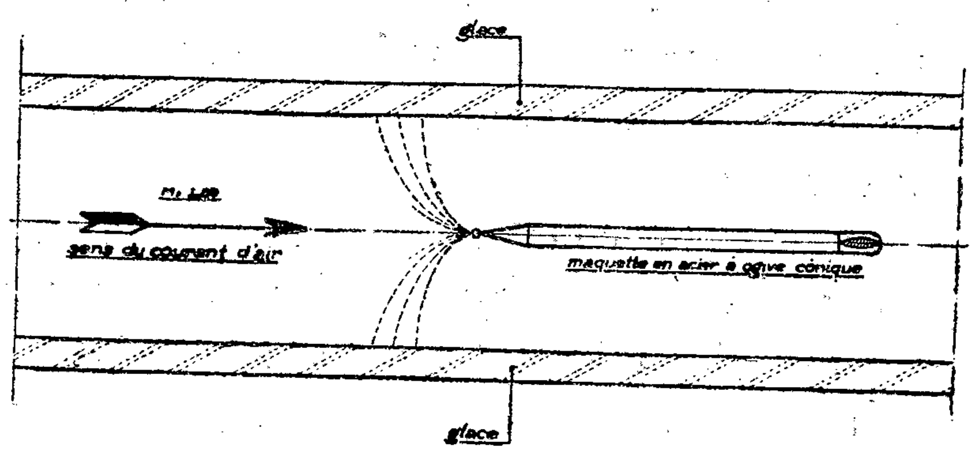


Fig. 3.

Nous avons procédé à des mesures de tension entre une glace et la maquette. Pour cela, le montage de la figure 4 a été réalisé. Une feuille d'aluminium a

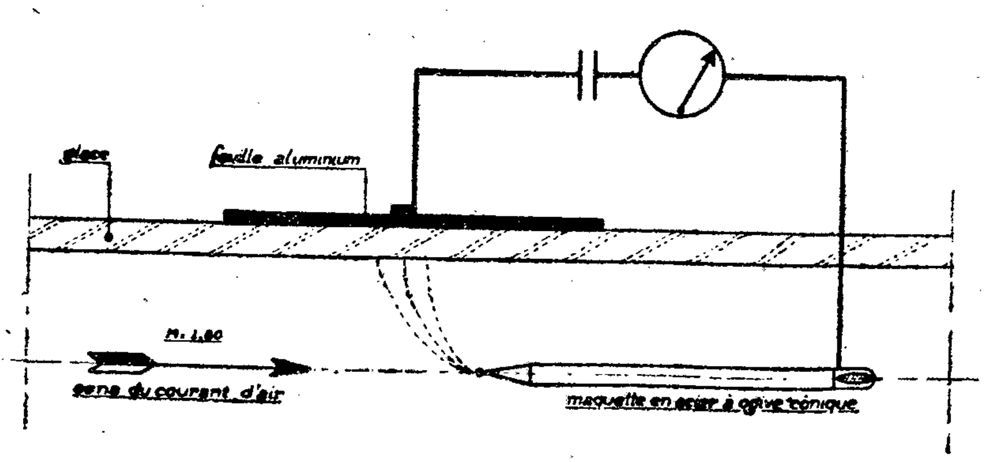


Fig. 4.

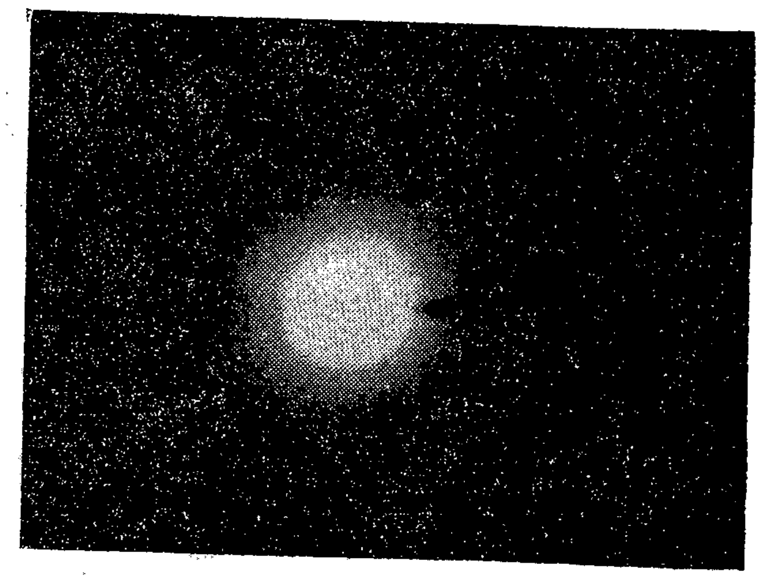


Fig. 5.

été fixée à l'une des glaces par un film d'huile; au moyen d'un électromètre statique on a mesuré la tension *pointe-glace*. L'isolement de la glace n'ayant pas été spécialement recherché, on n'a pu connaître qu'une valeur minimum de cette tension. Elle est égale à 12 kV.

La figure 5 montre l'effluve déviée par une plaque métallique recouvrant un demi-profil.

Un spectre dans le visible a montré qu'on se trouvait en présence d'un spectre de bandes dont les têtes sont tournées vers les courtes longueurs d'onde; on peut donc présumer qu'aucune ionisation sensible n'accompagne ce phénomène d'électrisation. Ceci sera confirmé ou non par une étude ultérieure en ultra-

violet. L'examen du spectre de bandes montre que la luminescence de l'effluve est due au second groupe positif de la molécule d'azote.

La détente de l'air humide à $M = 1,80$ provoque, dans la chambre d'expérience, une température voisine de $-90°$ C., et par suite il se forme des particules de glace dont la charge est fortement positive (³). Par frottement ou par influence, la maquette se charge négativement, ainsi que le prouve la présence d'une tache brillante sur la pointe. Le phénomène d'électrisation des glaces est complexe, mais en définitive leur potentiel est positif par rapport à celui de la maquette, et la distance *maquette-glaces* est telle qu'il se produit une effluve.

Nous avons constaté, en outre, la présence de traits de feu longs de 5 à 8^{cm} qui couraient le long des glaces. Ils ont pour origine des taches lumineuses voisines des glaces. Ce phénomène est dû à la présence de particules métalliques provenant des canalisations extérieures. Elles s'incrustent dans les profils de bois et, tout comme la pointe de la maquette, elles se chargent négativement.

Ces phénomènes d'électrisation sont gênants pour l'étude des écoulements par des procédés basés sur la méthode des ombres. Pour les éliminer il suffit de relier à la masse les deux glaces situées de part et d'autre des profils.

MÉCANIQUE APPLIQUÉE. — *Perfectionnement à la suspension des véhicules routiers. Amortisseur à relaxation.* Note (¹) de M. CHRISTIAN BOURCIER DE CARBON, présentée par M. Albert Caquot.

Considérons l'oscillation d'une masse m (*fig.* 1) suspendue sur un point fixe O par l'intermédiaire d'un ressort S de rigidité K, et dont le mouvement

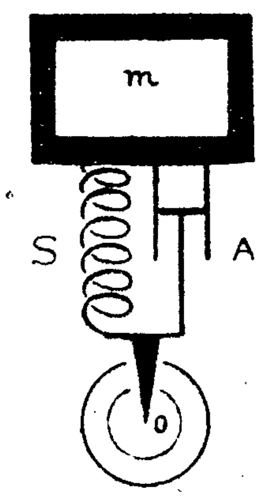


Fig. 1. — Schéma de principe de l'amortisseur hydraulique classique.

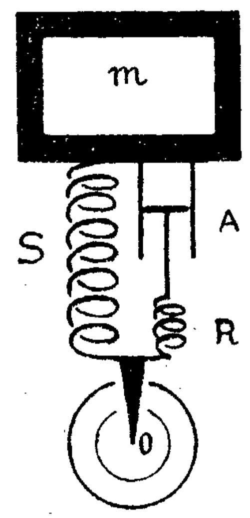


Fig. 2. — Schéma de principe de l'amortisseur à relaxation.

se trouve freiné par un amortisseur A introduisant une résistance $f.dz/dt$

(³) Travaux de Dewar.

(¹) Séance du 20 octobre 1947.

proportionnelle à la vitesse dz/dt de la masse m. On sait que, z désignant l'écartement de la masse m par rapport à sa position d'équilibre, son mouvement satisfait à l'équation classique

$$m\frac{d^2z}{dt^2}+f\frac{dz}{dt}+\mathrm{K}z=0.$$

Supposons maintenant qu'on installe en série avec l'amortisseur A un ressort R de rigidité K′ (*fig.* 2), et désignons par F la réaction de l'amortisseur sur la masse m. Il est évident que, par suite de l'effet du ressort R, la loi d'action de l'amortisseur se trouve être complètement modifiée et que F n'est plus proportionnelle à la vitesse dz/dt. Il est facile de voir que l'on a

(1) $$\frac{d\mathrm{F}}{dt}=\mathrm{K}'\left(\frac{dz}{dt}-\frac{\mathrm{F}}{f}\right)$$

ce qui nous donne

(2) $$\mathrm{F}=\mathrm{K}'e^{-\lambda t}\int_0^t e^{\lambda t}\frac{dz}{dt}\,dt+\mathrm{F}_0e^{-\lambda t},$$

lorsqu'on pose $\lambda=(\mathrm{K}'/f)$. Nous voyons ainsi que la réaction de l'amortisseur ne dépend plus de la vitesse à l'instant considéré, mais qu'elle dépend des vitesses antérieures. En d'autres termes, *la réaction de l'amortisseur est devenue une fonction complexe du passé mécanique du système.*

Il est facile de voir que la propriété fondamentale de la réaction F du système A + R (*fig.* 2), c'est de *se relâcher* spontanément avec une vitesse proportionnelle à sa grandeur. Par opposition aux amortisseurs *aux distances* ou *aux vitesses*, nous pouvons dire qu'un semblable système constitue un amortisseur *à relaxation*, cette terminologie étant conforme au sens donné à ce mot par Maxwell dans ses études sur la physique du corps solide.

Avec cet amortisseur, le mouvement libre de la masse m satisfait à l'équation

(3) $$\boxed{mf\frac{d^3z}{dt^3}+m\mathrm{K}'\frac{d^2z}{dt^2}+f(\mathrm{K}+\mathrm{K}')\frac{dz}{dt}+\mathrm{KK}'z=0.}$$

Il est facile de voir que l'équation caractéristique associée admet la racine triple $s=-\sqrt{3}\left(\sqrt{\mathrm{K}/m}\right)$ lorsque

$$\mathrm{K}'=8\mathrm{K},\qquad f=\frac{8}{3\sqrt{3}}\sqrt{m\mathrm{K}}=1,54\sqrt{m\mathrm{K}}.$$

Si nous comparons l'équation classique qui nous donne la racine double $s=-\sqrt{\mathrm{K}/m}$ lorsque $f=2\sqrt{m\mathrm{K}}$, nous voyons, d'une part, que *l'amortisseur à relaxation permet de réaliser l'apériodicité du mouvement avec un coefficient de résistance f sensiblement inférieur à celui qui est nécessaire avec l'amortisseur hydraulique classique;* d'autre part, que *l'amortisseur à relaxation permet d'obtenir un plus grand exposant d'amortissement s, c'est-à-dire un retour plus*

rapide vers la position d'équilibre. Ces deux remarques nous montrent la supériorité de l'amortisseur à relaxation dans le domaine des réglages apériodiques.

Dans le cas des oscillations périodiques amorties, la solution générale de l'équation (3) est de la forme $z = A e^{-\alpha t} \sin \omega t + B e^{-\beta t}$, tandis que celle de l'équation classique est $z = A e^{-\alpha t} \sin \omega t$. Dans l'un et l'autre cas, c'est essentiellement l'exposant α qui mesure l'efficacité de l'oscillation. Or il est possible de montrer que *pour une même valeur de l'exposant d'amortissement α choisie arbitrairement, l'amortisseur à relaxation permet toujours de se contenter d'un coefficient de résistance f inférieur à celui qui est nécessaire avec l'amortisseur hydraulique classique* Cette remarque établit la supériorité de l'amortisseur à relaxation dans le domaine des réglages périodiques.

Enfin, si nous calculons l'énergie W dissipée par l'amortisseur dans le cycle $z = A \sin \omega t$, nous trouvons

$$\boxed{W = \pi A^2 K' \frac{f \omega K'}{f^2 \omega^2 + K'^2}.}$$

Donc, contrairement à l'amortisseur hydraulique classique pour lequel nous avons $W = 2\pi^2 A^2 (f/T)$, l'énergie dissipée par l'amortisseur à relaxation passe par le maximum $W_m = (\pi/2) A^2 K'$ pour la période $T_m = (2\pi f/K')$. Nous avons donc un dissipateur d'énergie réalisant un maximum de dissipation pour une fréquence déterminée.

Ces différentes remarques nous permettent de prévoir qu'un amortisseur à relaxation convenablement calculé devrait constituer un progrès dans l'application à la suspension automobile. C'est ce qu'a confirmé l'expérience : l'amortisseur à relaxation confère au véhicule un roulement beaucoup plus doux, plus souple, plus ouaté que l'amortisseur hydraulique classique et l'amélioration s'est révélée d'emblée très sensible.

MÉCANIQUE ONDULATOIRE. — *Étude physique directe d'une expérience comportant une statistique sur le temps.* Note (¹) de M. **Olivier Costa de Beauregard.**

Les lois intégrales, en relativité classique, sont énoncées relativement à des hypersurfaces tridimensionnelles $\mathcal{E}$, curvilignes en général; leur forme, qui est ainsi tensoriellement covariante, doit de plus être invariante vis-à-vis des changements de familles $\mathcal{E}$. Physiquement, les $\mathcal{E}$ sont choisies du genre espace pour que leurs instants-points soient dans l'*ailleurs* les uns des autres; mathématiquement, l'on est sûr ainsi que toutes les trajectoires d'Univers de points matériels sont coupées une fois et une seule, mais, en ce qui concerne l'expres-

---

(¹) Séance du 20 octobre 1947.

sion des formules, seule importe cette dernière condition; par exemple, s'il arrivait exceptionnellement que, dans un certain repère galiléen $\mathcal{G}_0$, les lignes $\mathfrak{T}$ d'hypercourant d'un fluide électrisé satisfassent à la condition

$$(1) \qquad \frac{dx_1}{dx_4} > 0,$$

l'on pourrait prendre x_1 comme paramètre auxiliaire d'évolution, et calculer la charge Q (conservative) au moyen d'une intégration *à x_1 constant*. De même, en théorie de Dirac, si le quadri-courant $i\psi^+\gamma^0\gamma^i\psi$ satisfait en tout instant-point à la condition (1), l'on pourra normer le ψ suivant

$$(2) \qquad \iiint_{x_1=a_1} \psi^+\gamma^0\gamma^1\psi\, dx_2\, dx_3\, dx_4 = 1.$$

Par définition de l'*opération* $\mathcal{O}_1$, supposons alors qu'une onde incidente $\psi_{(1)}$ satisfaisant à l'hypothèse précédente tombe sur un écran plan indéfini fixe dans $\mathcal{G}_0$ d'équation (3_1), parfaitement absorbant, comportant une ouverture variable en fonction du temps $t = x_4/ic$ d'équation (3_2)

$$(3) \qquad x_1 = a_1, \qquad \mathcal{O}_1(x_2, x_3, x_4) = \text{const.};$$

dans l'Univers, cette opération de diffraction et hachage combinés s'interprète comme une diffraction par un hyperécran du genre temps.

La probabilité pour que l'électron franchisse l'écran ne diffère pas, mathématiquement, de la proportion de nombreux électrons de même ψ franchissant l'écran; celle-ci, d'après un raisonnement élémentaire classique, est fournie par l'intégrale (2) étendue à l'ouverture $\mathcal{O}_1$. Pour l'électron unique, l'opération $\mathcal{O}_1$ équivaut à une mesure, faite pour x_1 prédéterminé, de ses coordonnées x_2 et x_3 *et de son temps* x_4/ic; (2) fournit la fonction de répartition de probabilité correspondante.

De même, si $\rho u^i v^j \equiv \rho_0 U^i V^j$ désigne le tenseur inertique asymétrique d'un fluide préquantique à spin [2], le raisonnement classique en question fournit l'expression (4_1) pour l'impulsion-énergie totale émergente; en théorie de Dirac, (4_2) sera donc la valeur moyenne probable de l'impulsion-énergie de l'électron s'il franchit l'écran [3],

$$(4) \qquad \iiint_{x_1=a_1} \rho u^i v^1\, dx_2\, dx_3\, dt; \qquad \iiint_{\mathcal{O}_1} \psi^+\gamma^0[P^i]\gamma^1\psi\, dx_2\, dx_3\, dx_4.$$

Toujours d'après la physique classique, l'onde émergente $\psi_{(2)}$ peut être représentée par la superposition d'ondes planes

$$(5) \qquad \psi_{(2)} = h^{-\frac{3}{2}} \iiint_{-\infty}^{+\infty} \zeta(p^2, p^3, p^4)\, e^{-\frac{2\pi i}{h} p^i x_i}\, dp^2\, dp^3\, dp^4,$$

---

(2) *Comptes rendus*, **218**, 1944, p. 31 et *Journal de Math.*, **22**, 2, 1943, pp. 133-136.

(3) Sur les rapports du tenseur de Tetrode avec les courants de Dirac et de Gordon (voir *Journal de Math.*, op. cit., pp. 171-174).

avec

$$\zeta(p^2, p^3, p^4) = h^{-\frac{3}{2}} \iiint_{\mathcal{O}_1} \psi_{(1)}(x_1 = a_1, x_2, x_3, x_4)\, e^{\frac{2\pi i}{h} p^i x i}\, dx_2\, dx_3\, dx_4; \tag{6}$$

nous avons considéré le cas de l'électron libre, et désigné par p^i/h la quadri-fréquence des ondes planes. L'onde émergente est ainsi développée suivant les fonctions propres des trois dernières composantes de l'impulsion-énergie de l'électron; si un second écran $x_1 = a_2$, $a_2 > a_1$, lui aussi percé d'une ouverture variable $\mathcal{O}_2$, est placé à une distance $a_2 - a_1$, grande devant les dimensions des hyperouvertures $\mathcal{O}_1$ et $\mathcal{O}_2$, l'*opération* $\mathcal{O}_2$ succédant à $\mathcal{O}_1$ équivaut à la sélection de l'une des ondes planes (5), et à la détermination des trois dernières composantes de l'impulsion-énergie de l'électron $\psi_{(2)}$ faite pour x_1 prédéterminé; l'on voit ainsi que (5) donne la fonction de répartition de p^2, p^3, p^4.

Les trois résultats précédents coïncident parfaitement avec ceux qu'aurait fournis l'application au cas considéré du formalisme quantique généralisé récemment proposé par nous ([4]). Dans le cas général, les brutales simplifications d'un exemple choisi *ad hoc* ne se retrouveront pas; comme on ne saura rien *a priori* du quadri-courant de Dirac, il faudra nécessairement utiliser des hypersurfaces $\mathcal{S}(\theta)$ du genre espace.

Physiquement, la composante

$$p^1 = +\sqrt{-c^2 m_0^2 - (p^2)^2 - (p^3)^2 - (p^4)^2} \tag{7}$$

de l'impulsion masse doit être réelle, et cela est impossible si l'on n'a pas, dans (5) et (6),

$$p^4 \leqq -icm_0 \quad \text{ou} \quad p^4 \geqq +icm_0; \tag{8}$$

en théorie de Dirac, l'hypothèse (7_1) doit *nécessairement* être conservée. En un certain sens, $\mathcal{O}_2$ succédant à $\mathcal{O}_1$, équivaut à une détermination *a posteriori* de la direction suivie par l'électron entre a_1 et a_2, $\Delta x_2/(a_2 - a_1)$, $\Delta x_3/(a_2 - a_1)$, *et de la durée de parcours* $\Delta x_4/ic$ ou de la vitesse moyenne $\Delta x_4/ic\,(a_2 - a_1)$; quelle que puisse être l'interprétation de la causalité du type *avancé* ainsi associée à l'électron à énergie négative, il semble que le hachage d'un faisceau monocinétique soit susceptible de faire passer un pourcentage déterminé d'électrons dans des états à énergie négative.

THERMODYNAMIQUE. — *Complément sur la loi d'échange d'un corps dissous entre deux de ses solvants non miscibles mis en présence.* Note ([1]) de M. **Adrien Mondiez**, présentée par M. Joseph Pérès.

Dans une précédente communication ([2]), nous avons montré que cette loi pouvait se mettre, lorsque les concentrations sont uniformes dans les solvants

([4]) *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 626.

([1]) Séance du 20 octobre 1947.

([2]) Voir *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 673.

mais variables avec le temps, sous la forme

$$dP = qS\left(\frac{C}{\Gamma} - \frac{c}{\gamma}\right)d\theta. \tag{1}$$

Dans les échangeurs industriels, on réalise souvent un régime permanent dans lequel les deux solutions circulent au contact l'une de l'autre à débits constants avec le temps, parallèlement et en sens inverses, à travers des épaisseurs de gravier ou autres diviseurs de veines destinés à donner une grande valeur à la surface d'échange. Alors, le temps n'intervient plus tandis que les concentrations sont variables d'une extrémité à l'autre de l'échangeur, et l'équation d'échange doit s'écrire en poids de corps dissous dP qui traverse dans l'unité de temps la surface de séparation dS de part et d'autre de laquelle les concentrations sont C et c

$$dP = q\left(\frac{C}{\Gamma} - \frac{\gamma}{c}\right)dS, \tag{2}$$

à laquelle on doit ajouter pour la circulation méthodique

$$dP = -V\,dC = v\,dc, \tag{3}$$

où V et v sont les débits en volume des deux solutions, celle de débit V étant supposée céder le corps dissous.

En posant

$$\frac{C}{\Gamma} = T, \qquad \frac{c}{\gamma} = t, \qquad \frac{V\Gamma}{v\gamma} = r, \qquad \frac{1-r}{V\Gamma}q = m, \tag{4}$$

on fait apparaître la parfaite analogie de ces égalités avec celles qui sont classiques pour les échanges permanents de chaleur. Par les mêmes calculs, on établit alors les valeurs finales de C et c en fonction des valeurs initiales et de la surface totale d'échange S_1. On obtient ainsi, pour C_1 par exemple, l'expression

$$C_1 = \frac{C_0(1-r) + \frac{\Gamma}{\gamma}c_0(e^{mS_1}-1)}{e^{mS_1}-r}, \tag{5}$$

qui, pour $c_0 = 0$, comme cela se présente souvent, se réduit à

$$C_1 = C_0\frac{1-r}{e^{mS_1}-r}. \tag{6}$$

Dans ces formules, les éléments les plus difficiles à connaître sont toujours q et S_1; parfois il s'y ajoute Γ comme dans le cas de la nicotine qui est miscible en toutes proportions avec l'eau, de sorte que le paramètre dont il faut vérifier la constance pour vérifier la loi d'échange est qS_1/Γ qui figure dans mS_1.

Les mesures effectuées sur un échangeur Boquien, destiné à faire passer la nicotine d'une solution d'eau ammoniacale dans du pétrole, ont permis de bien vérifier cette constance malgré les incertitudes d'une marche industrielle quant

à la permanence de débits. Une série d'expériences sur les mêmes appareils, conduites avec beaucoup de soin et qui a porté sur neuf semaines consécutives, a ensuite fourni, le calcul ayant été fait pour l'ensemble de chaque semaine, les valeurs suivantes pour qS_1/Γ : 1440, 1285, 1367, 1380, 1297, 1351, 1280, 1371, 1449, dont la valeur moyenne est de 1358 par rapport à laquelle les écarts maxima sont respectivement de $+6,7\ \%$ et $-5,7\ \%$.

La loi d'échange étant encore une fois vérifiée, on peut l'utiliser, non seulement pour déterminer les dimensions d'appareils à construire après essais sur modèles réduits pour déterminer les paramètres, mais aussi pour choisir les meilleurs modes de couplage de plusieurs appareils lorsqu'on est obligé pour des raisons diverses de renoncer à l'installation d'un seul. Si l'on juge inutile de faire apparaître Γ et γ, on peut l'écrire

$$(7)\qquad dP = qS\,(C - kc)\,d\theta \quad \text{ou} \quad dP = q\,(C - kc)\,dS,$$

suivant qu'il s'agit d'un régime variable ou permanent.

ÉLECTRONIQUE. — *Mesure du pouvoir émissif monochromatique des cathodes à oxydes.* Note de M. **Robert Champeix**, présentée par M. Camille Gutton.

I. La connaissance aussi précise que possible de la température des cathodes à oxydes est nécessaire si l'on veut étudier leur comportement. Or la mesure directe de cette température (à l'aide d'un thermocouple en particulier) n'est pas facile, car en raison de la mauvaise conductibilité des oxydes de Ba et de Sr, la mesure peut être faussée par le refroidissement produit par le couple. Par contre l'emploi d'un pyromètre optique permet de déterminer facilement la température de brillance, à condition de connaître le pouvoir émissif monochromatique ε_λ.

II. Quelques expérimentateurs [1] ont mesuré ce facteur par le procédé du réflectromètre. Les valeurs trouvées pour ε_λ sont comprises suivant les auteurs entre 0,09 et 0,3. De notre côté, nous avons utilisé le procédé suivant :

Mesurons les températures de brillance T'_1 et T'_2 de notre cathode pour deux puissances de chauffage différentes W_1 et W_2. Les lois de Wien et de Stefan-Boltzmann nous permettent d'écrire

$$(1)\qquad \frac{1}{T_1} - \frac{1}{T'_1} = \frac{\lambda}{c_2}\,\mathrm{Ln}\,\varepsilon_\lambda,$$

$$(2)\qquad \frac{1}{T_2} - \frac{1}{T'_2} = \frac{\lambda}{c_2}\,\mathrm{Ln}\,\varepsilon_\lambda,$$

$$(3)\qquad W_1 = S\varepsilon_t\sigma T_1^4,$$

$$(4)\qquad W_2 = S\varepsilon_t\sigma T_2^4;$$

(1) G. E. Moore et H. W. Allison, *Journal of App. Phys.*, **12**, 1941, p. 431.

T_1 et T_2 sont les températures vraies de la cathode, S sa surface, ε_t le pouvoir émissif total, λ la longueur d'onde du filtre du pyromètre optique (dans notre cas $\lambda = 0^{\mu},66$) C_2 et σ des constantes de radiation ($C_2 = 1,432$ cm/deg, $\sigma = 5,77 . 10^{-15}$ erg/cm²/sec/deg⁴).

De ces équations on tire

$$\log_{10} \varepsilon_\lambda = 9400 \frac{T'_2 - T'_1 \left(\frac{W_2}{W_1}\right)^{\frac{1}{4}}}{T'_1 T'_2 \left[\left(\frac{W_2}{W_1}\right)^{\frac{1}{4}} - 1\right]}.$$

On voit que ce procédé permet d'éliminer la surface S de la cathode, mal connue en raison de la rugosité des oxydes.

III. L'application de cette formule exige que la totalité de l'énergie utilisée au chauffage de la cathode soit dissipée sous forme de rayonnement. Pour éliminer les pertes par conduction, nous avons réalisé nos tubes expérimentaux de la façon suivante : un ruban de nickel recouvert d'oxydes de Ba et de Sr est tendu dans l'axe d'une ampoule vidée. Deux petits fils de tungstène sont soudés sur le nickel, délimitant ainsi une zone dans laquelle la température du ruban est homogène. Ces fils permettent de mesurer la d. d. p. aux bornes de la partie du filament ainsi délimitée, et connaissant le courant dans le filament, de mesurer la puissance de chauffage de cette portion du ruban.

Nous avons réalisé un certain nombre de tubes expérimentaux comportant des filaments de différentes dimensions, et nous avons pu constater que le pouvoir émissif spectral des cathodes à oxydes varie beaucoup d'une cathode à l'autre, puisque les valeurs que nous avons trouvées vont de 0,07 à 0,26. Il reste à déterminer la raison de telles différences, et en particulier à rechercher si le pouvoir émissif monochromatique n'est pas fonction du degré d'activation de la cathode.

PHOTOÉLECTRICITÉ. — *Additivité des effets des flux lumineux frappant des régions différentes d'une photopile au sélénium.* Note ([1]) de M. **Jean Terrien** et M^me **Claire Anglade**, présentée par M. Albert Pérard.

On sait que l'une des électrodes d'une photopile au sélénium est une couche métallique mince transparente; le courant est recueilli à la périphérie. Si l'on éclaire une région limitée, des courants traversent cette couche mince, des différences de potentiel apparaissent entre ses divers points; elles se répartissent différemment selon l'emplacement et la forme de la région éclairée. En résulte-t-il des variations des propriétés de la photopile?

Pour chercher une réponse à cette question, une photopile Tungsram S 44 (n° 10 5748-5) a été soumise aux essais suivants : on éclairait diverses régions de sa surface, séparément, puis simultanément, et l'on mesurait dans chaque

([1]) Séance du 20 octobre 1947.

cas le courant débité par la photopile sur un circuit dont la résistance était 1720 ohms.

Le montage était réalisé de la façon suivante. On formait sur la photopile l'image d'un écran transformable, éclairé au moyen d'un condenseur. La source de lumière était une lampe à bas voltage (régime contrôlé : 6 V, 3,5 A) alimentée par des accumulateurs. Les courants étaient mesurés par les déviations d'un galvanomètre dont la sensibilité était $7{,}5.10^{-9}$ A/mm à 1 m. Deux types d'écrans ont été utilisés : 1° Écran ajouré par des ouvertures en forme d'anneaux concentriques permettant d'éclairer séparément ou simultanément trois anneaux centrés sur la photopile; l'ouverture centrale n° 1 est en réalité un disque, qui éclaire le milieu de la photopile, les ouvertures 2 et 3 sont séparées par des anneaux obscurs. 2° Écran percé de six trous pouvant être masqués ou démasqués individuellement. Ces ouvertures sont circulaires, l'une, n° 1, est centrée sur la photopile, les cinq autres sont réparties autour de la première.

Nous avons obtenu les résultats suivants :

1° *Écran à anneaux.*

Ouvertures démasquées.	Déviations du galvanomètre (moyenne de plusieurs séries).	Somme calculée.	Différence % (obs.-calc.).
1	9,8	–	–
2	69,9	–	–
3	80,2	–	–
1 + 2	79,5	79,7	–0,25
1 + 3	89,8	90	–0,22
2 + 3	151	150,1	+0,60
1 + 2 + 3	160,8	159,9	+0,57

2° *Écran à 6 ouvertures.*

1	18,5	–	–
2	23	–	–
3	27,7	–	–
4	30,5	–	–
5	26,1	–	–
6	21,3	–	–
1 + 2 + 3 + 4 + 5 + 6	147,7	147,1	+0,40
2 + 3 + 4 + 5 + 6	129,2	128,6	+0,46
3 + 4 + 5 + 6	106,1	105,6	+0,47
4 + 5 + 6	78,2	77,9	+0,38
5 + 6	47,6	47,4	+0,42

L'examen des deux tableaux précédents montre que, lorsque plusieurs régions sont éclairées simultanément, le courant photoélectrique débité par la photopile est égal à la somme des courants obtenus lorsque chacune de ces

régions est éclairée seule. Autrement dit, la sensibilité en un point n'est pas affectée par l'éclairement d'un point voisin, avec l'approximation de nos mesures, que nous estimons à environ $\pm 0,5\ \%$.

RAYONS X. — *Étude des couches superficielles au moyen des rayons* X. Note (1) de M. **Charles Legrand**.

Le problème de l'étude de la structure des couches superficielles métalliques ou autres est d'une importance considérable; pour le résoudre, on s'adresse surtout à la diffraction des rayons X et à celle des électrons. Mais les rayons X sont en général trop pénétrants et les électrons pas assez, ce qui ne permet pas d'explorer efficacement les régions comprises entre 0,1 et 1 micron, qui sont cependant spécialement intéressantes.

En particulier, J. Bénard (2) et d'autres auteurs ont préconisé la méthode dite *en retour* qui utilise les rayons X diffractés en arrière de l'échantillon. Dans ce cas, le faisceau arrive normalement à la surface à étudier; une épaisseur relativement importante diffracte utilement. Afin d'élaborer une méthode capable de localiser la diffraction dans une zone aussi superficielle que possible, nous avons cherché d'abord à préciser la notion d'épaisseur de matière contribuant effectivement à la diffraction dans une direction donnée.

Soient (*fig.* 1) x le trajet OA d'un rayon incident tombant sous l'angle α sur

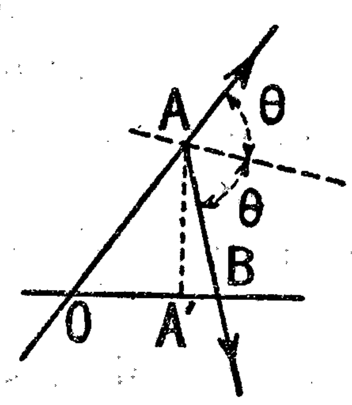


Fig. 1.

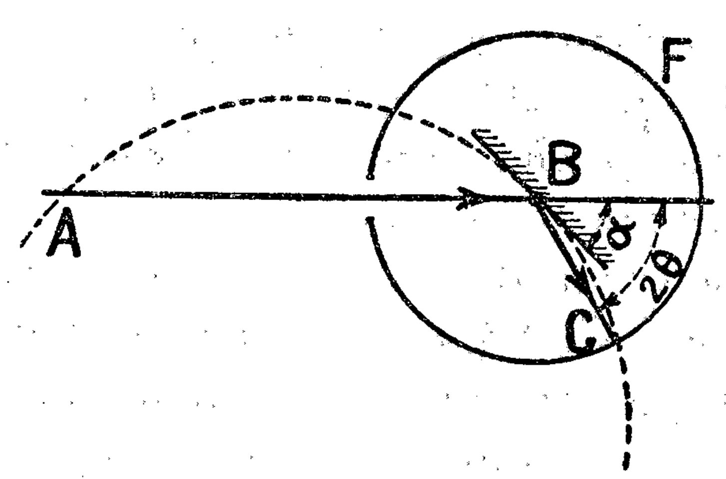


Fig. 2.

la face plane OB d'une substance polycristalline de coefficient d'absorption μ pour la radiation employée, y le parcours AB d'un rayon diffracté issu de A et correspondant à l'angle de Bragg θ.

L'énergie diffractée correspondant à l'absorption dans un parcours dx est

$$dI = I_0 e^{-\mu(x+y)}\, dx,$$

(1) Séance du 20 octobre 1947.

(2) *Métaux et Corrosion*, **21**, 1946, p. 33.

I_0 étant l'intensité du rayonnement en O. Pour le parcours x du rayon incident

$$I_x = \frac{I_0}{\mu\left(1+\frac{\sin\alpha}{\sin(2\theta-\alpha)}\right)}\left[1-e^{-\mu x\left(1+\frac{\sin\alpha}{\sin(2\theta-\alpha)}\right)}\right],$$

ou en posant $k = 1 + [\sin\alpha/\sin(2\theta-\alpha)]$

$$I_x = \frac{I_0}{\mu k}(1-e^{-\mu k x}).$$

Le rapport $I_x/I_\infty = 1 - e^{-\mu k x}$ permet de calculer la limite supérieure de l'épaisseur responsable d'une fraction définie de l'énergie diffractée dans une direction donnée.

Le choix de cette fraction est évidemment arbitraire; si l'on pose par exemple $1 - e^{-\mu k x} = 4/5$, on tire $\text{Log}.5 = \mu k x$ et $x = 1^{\text{cm}},6/\mu k$.

On évalue ainsi le parcours x responsable des 4/5 de l'énergie reçue par le film dans la direction considérée. L'épaisseur correspondant à ce parcours sera $e = x \sin\alpha$.

Pour rendre e aussi petit que possible, il faudra soit :

1° Choisir pour α de très faibles valeurs; c'est la solution du rayonnement incident rasant;

2° Rendre k aussi grand que possible, ce qui entraîne de faibles valeurs pour $2\theta - \alpha$: c'est le rayon diffracté alors qui émerge sous un petit angle.

Bien entendu, le calcul n'est valable que pour une raie de diffraction déterminée. Les autres raies du diagramme correspondent à des *épaisseurs diffractantes utiles* différentes et calculables à l'aide de la même relation. Un montage expérimental convenable (*fig.* 2) a été réalisé en combinant la méthode de focalisation en rayonnement monochromatique de A. Guinier ([3]) avec un montage décrit par Brentano ([4]).

L'échantillon plan B est au centre de la chambre cylindrique E. Le rayonnement monochromatique fourni par un quartz courbé (non représenté) est focalisé en A. Le cercle de focalisation passe par A, est tangent au plan B et coupe E en C. La relation $\sin\alpha/\sin(2\theta-\alpha) = AB/BC$ fournit la position de A si l'on se donne $2\theta - \alpha$ pour une raie de diffraction déterminée. La focalisation est exacte en C, satisfaisante dans un domaine voisin et d'autant moins bonne que l'on s'éloigne davantage de C.

L'expérience montre que si l'on veut éviter des rapports AB/BC trop grands, il est possible d'admettre une focalisation approchée, si l'on désire, par exemple, comparer l'aspect d'une raie de diffraction après différents traitements de l'échantillon.

([3]) *Ann. de Phys.*, **12**, 1939, p. 161; *Traité de radiocristallographie*, chap. VI, 1945, p. 136.

([4]) *Proc. of. the Phys. Soc.*, **37**, 1925, p. 184; **47**, 1935, p. 932; **49**, 1937, p. 61.

Des aciers inoxydables polis différemment ont été étudiés par cette méthode. De l'aspect de la raie (110), on a pu déduire pour l'un d'eux un écrouissage affectant une épaisseur inférieure à $1^{\mu},5$. Des différences d'orientation ont été mises en évidence dans les régions voisines des deux faces d'une feuille d'aluminium laminé d'épaisseur 40 microns, les deux faces ayant subi un traitement thermique différent.

En résumé, la méthode permet l'examen d'épaisseurs connues, comprises entre 0,1 et quelques microns; ces épaisseurs dépendent d'ailleurs de la nature de l'échantillon et de la longueur d'onde de la radiation X. Elle permet ainsi l'exploration d'un domaine qu'il était jusqu'ici difficile d'étudier clairement par les rayons X ou les électrons.

RADIOACTIVITÉ. — *Sur le parcours dans l'air des rayons α émis par l'actinium.* Note (¹) de M. **Raymond Grégoire** et Mlle **Marguerite Perey**, transmise par M. Frédéric Joliot.

Après la découverte d'un élément alcalin (numéro atomique 87) dans l'actinium, l'un de nous a montré que ce corps provenait de l'actinium, par désintégration avec émission d'un rayonnement α (²). Le parcours, dans l'air, de ces rayons, déterminé en première approximation par la méthode d'absorption, soit à l'aide d'une installation électrométrique, soit à l'aide d'un amplificateur proportionnel, était de $35 \pm 2^{\text{mm}}$ T. P. N. (²). Nous avons repris, au moyen d'un amplificateur proportionnel, la détermination précise de ce parcours. Les essais étaient faits avec un produit de lanthane actinifère exempt de tout dérivé, disposé en couche mince sur une feuille d'aluminium.

En prenant comme référence $38^{\text{mm}},4$ pour le parcours moyen des rayons α du polonium dans l'air T.P.N., nous avons trouvé pour l'actinium un parcours de $34,6 \pm 0^{\text{mm}},2$ dans les mêmes conditions. D'autre part, un autre groupe de rayons α de parcours $31 \pm 0^{\text{mm}},5$ représentant 15 % environ du groupe principal a pu être mis en évidence. Le rayonnement α émis par l'actinium présenterait donc une structure fine.

A l'aide des courbes permettant de passer des parcours moyens dans l'air aux énergies (³), nous trouvons que l'énergie des rayons α émis par l'actinium est de $4,95 \pm 0,02$ MeV pour le deuxième groupe.

On pourrait s'attendre à trouver dans l'actinium un rayonnement γ d'énergie $0,35 \pm 0,05$ MeV égale à la différence des énergies des rayons, à raison d'un quantum pour 500 désintégrations d'actinium. Ce rayonnement n'a pas été signalé (⁴).

(¹) Séance du 13 octobre 1947.

(²) Mlle Marguerite Perey, *Comptes rendus*, **208** 1939, 97.

(³) M. G. Holloway et M. S. Livingston, *Phys. Rev.*, **54**, 1938, p. 18.

(⁴) Mlle Marguerite Perey et M. Marcel Lecoin, *Comptes rendus*, **212**, 1941, pp. 893-895.

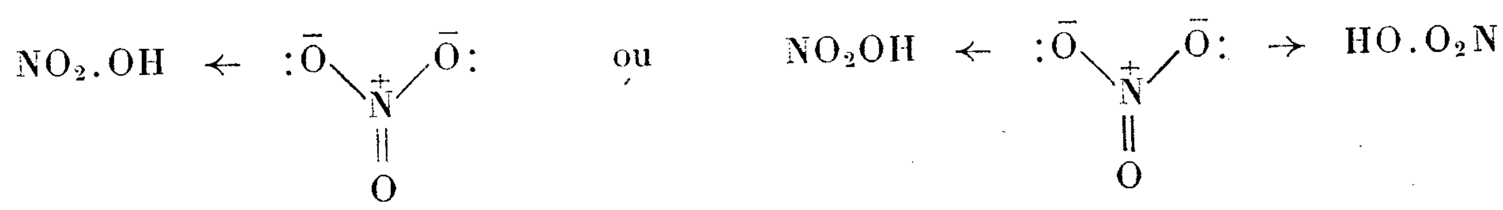
Les valeurs des parcours et la proportion de la structure fine sont en parfait accord avec les résultats obtenus concurremment au moyen des trajectoires de ces rayons dans une plaque photographique ([5]).

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur les solutions aqueuses concentrées d'acide nitrique. Effet de l'addition de nitrates minéraux (tension de vapeur, calorimétrie).* Note ([1]) de MM. **Jean Chédin, René Leclerc** et **Robert Vandoni.**

I. *Acide nitrique à 100 %.* — NO_3Na ou NO_3K s'y dissolvent sous forme d'ions NO_3^- et Me^+ (spectre Raman : raie 1050 cm^{-1} caractéristique de l'ion NO_3^-) et la quantité de chaleur dégagée est importante (6000 calories pour 1 molécule NO_3K ou NO_3Na dissoute dans un grand excès de NO_3H pur). De plus quand on dissout des quantités croissantes de nitrates minéraux dans l'acide nitrique, la tension de vapeur de l'acide décroît rapidement (*fig.* 1). Ceci indique la formation d'un complexe entre le solvant $NO_2.OH$ et les ions NO_3^-. De tels sels ($NO_3H.NO_3K$) et ($2NO_3H.NO_3K$) avaient d'ailleurs été signalés ([2]).

II. *Acide nitrique hydraté* (mélange 80 $NO_3H + 20H_2O$ en poids). — Dans un tel acide la quantité d'ions est très faible ; l'ionisation d'environ 2 % a été mesurée par divers auteurs ([3]), ([4]), ([5]) et les molécules nitriques sont en grande partie hydratées ([6]) (désignons-les par $N.H_2O$), outre les molécules non hydratées (responsables de la tension partielle de vapeur nitrique du mélange) il y a un un peu d'eau libre ($p_{H_2O} = 2^{mm}$ Hg à 30°). L'addition dans NO_3H à 80 % de quantités croissantes de NO_3Na ou NO_3K produit un abaissement sensible de p_{NO_3H} et une augmentation concomitante de p_{H_2O} (*fig.* 1). L'explication semble très simple NO_3^-, est une base plus forte que l'eau et l'addition de ces ions dans NO_3H à 80 % a pour effet :

1° De transformer en complexes une partie des molécules $NO_2.OH$ restées libres, formation de complexes



que nous désignerons indifféremment par $(N.n)^-$.

([5]) M. Marcel Guillot et Mlle Marguerite Perey, *Comptes rendus*, 225, 197, pp. 330-332.

([1]) Séance du 6 octobre 1947.

([2]) E. Groschuff, *Berichte, der chem. Ges.*, 37, II, 1904, p. 1486.

([3]) J. Chedin, *Ann. de Chim.*, 11, 1937, p. 243.

([4]) R. Dalmon, *Mémor. des Serv. Chim. de l'État*, 1943, p. 141.

([5]) O. Redlich et Bigeleisen, *Journ. Chem. Soc.*, 65, 1943, p. 1883.

([6]) J. Chedin et S. Feneant, *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 930.

2° De déplacer la base faible H_2O de ses complexes avec NO_3H, libérant ainsi de l'eau et augmentant pH_2O.

3° De faire rétrograder l'ionisation de l'acide nitrique. Cet effet est négligeable dans le cas de l'acide à 80 % qui est lui-même fort peu ionisé.

Dans un mélange d'acide à 80 % et de NO_3Na, les équations d'équilibre

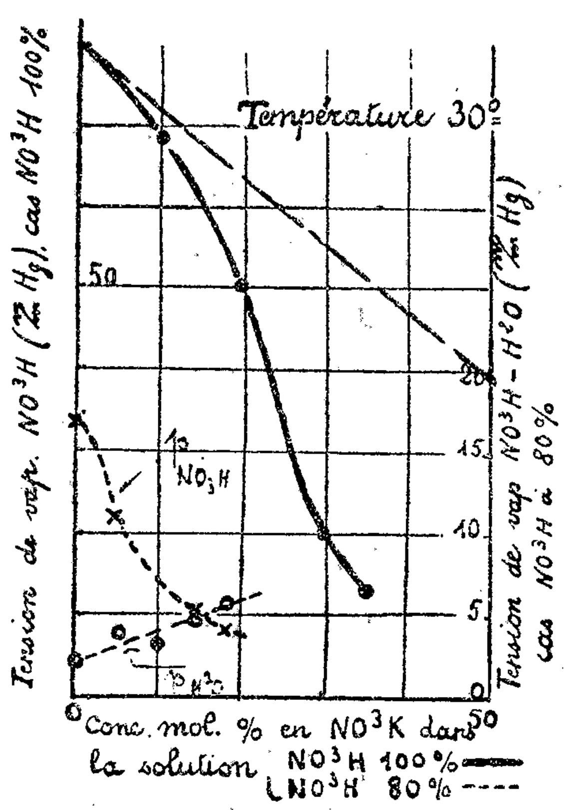


Fig. 1.

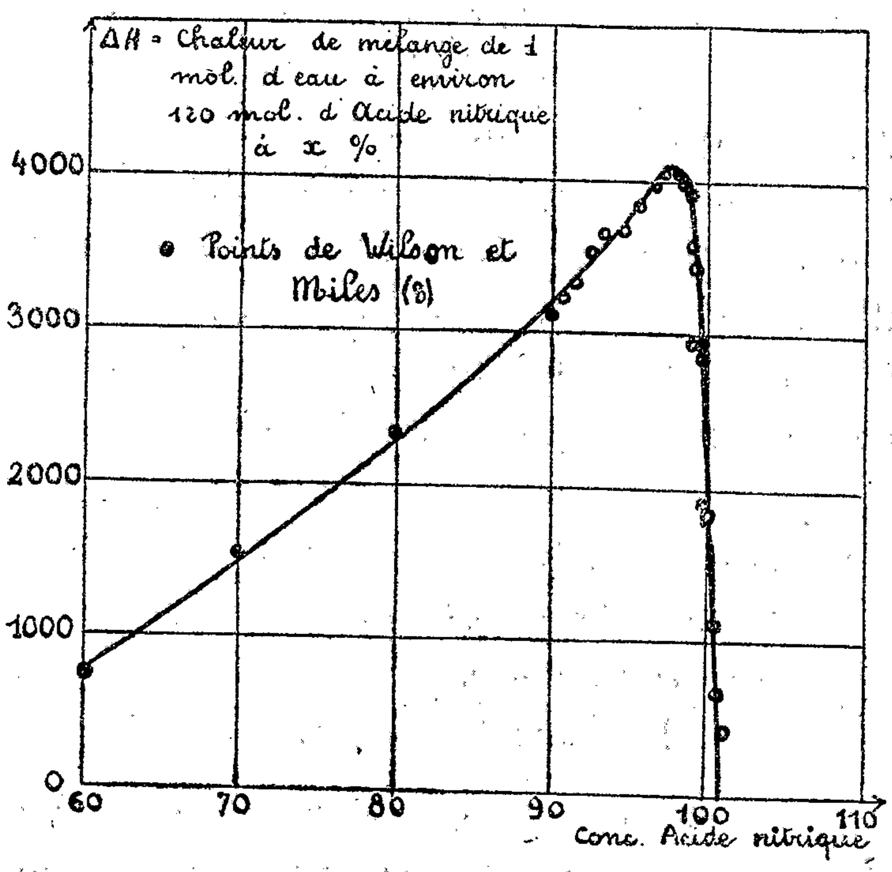


Fig. 2.

seraient les suivantes, en négligeant l'équilibre d'ionisation de NO_2OH en NO_3^- et H_3O^+.

(1) $$NO_2OH + H_2O \rightleftharpoons [N.H_2O] + Q_{1calc},$$

(2) $$NO_2OH + NO_3^- \rightleftharpoons [N.n]^- + Q_{2calc},$$

(3) $$[N.H_2O] + NO_3^- \rightleftharpoons [N.n]^- + H_2O + Q_{3calc}.$$

Ces conclusions sont en harmonie avec les résultats suivants obtenus par calorimétrie. On a mesuré la quantité de chaleur dégagée par addition d'une molécule H_2O dans un grand excès de NO_3H à concentration variable (*fig.* 2). La chaleur dégagée croît en fonction de la concentration de HNO_3 jusqu'à ce qu'on atteigne NO_3H à 97 % (maximum aigu). Selon nos hypothèses, l'interprétation est la suivante : l'acide nitrique concentré, de concentration inférieure à 93 %, contient des particules NO_2OH et $N.H_2O$ (en négligeant l'ionisation). Au delà de 93 % l'équilibre suivant d'auto-déshydratation commence à intervenir, et cela d'autant plus que l'on se rapproche de l'acide à 100 (7) (9)

(4) $$2HNO_3 \rightleftharpoons NO_3^- + NO_2^+ + H_2O.$$

(7) S. Feneant et J. Chedin, *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 1008.

(8) G. L. Wilson et F. D. Miles, *Trans. Far. Soc.*, **36**, 1940, p. 356.

(9) C. K. Ingold, D. J. Millen et H. G. Polle, *Nature*, **158**, 1946, p. 480.

favorisé vers la droite par la complexation des ions NO_3^- (et aussi des molécules H_2O) avec les molécules NO_2OH en grand excès [équations (1) et (2)]. Dans un acide très concentré, la réaction (4) détermine la présence d'ions NO_3^- en quantité non négligeable. L'addition d'un peu d'eau a un effet double : une partie déplace vers la droite l'équilibre (1) avec dégagement de chaleur $+q_1$, l'autre déplace ver la gauche l'équilibre (3) avec absorption de chaleur $-q_3$, car NO_3^- est une base plus forte que H_2O, et c'est la somme q_1-q_3 que l'on mesure. Il est évident que q_3 sera d'autant plus grand en valeur absolue qu'il y aura plus d'ions complexes $(N.n)^-$, donc que l'on sera parti d'un acide nitrique plus concentré [dans lequel la réaction (4) productrice d'ions NO_3^- intervient davantage] ou d'un acide de concentration supérieure à 100 % (dans lequel N_2O_5 se dissout sous forme d'ions NO_3^- et NO_2^+). C'est ce qui explique la partie droite descendante de la courbe de la figure 2.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la constante d'ionisation des monoesters de l'acide succinique dans le mélange eau-acétone et sur certaines particularités de la conductibilité du solvant.* Note de M. **Guy Bardinet**, présentée par M. Marcel Delépine.

Poursuivant une étude commencée avec M. P. Mastagli (1) sur la constante d'ionisation des monoesters, nous avons cherché à manifester l'influence du radical alcoyl estérifiant une des deux fonctions acides des diacides organiques.

Nous avons travaillé sur l'acide succinique et ses monoesters méthylique, éthylique, propylique, butylique et isoamylique. Les constantes d'ionisation ont été déterminées au conductimètre en solution acétonique à 10 % pour les raisons déjà indiquées (1). Nous avons utilisé le même procédé d'extrapolation pour la détermination de la résistance des monoesters, variable par suite de l'hydrolyse (1). Pour chaque corps, nous avons fait au moins trois mesures à 25°. La dilution se rapporte au nombre de litres pour une molécule dissoute.

Les résultats sont résumés dans le tableau suivant

Acide succinique	Dilution	300	400	500	600	700
	$k\times10^5$	4,46	4,57	4,52	4,52	4,46
Monoester méthylique	Dilution	300	400	500	600	700
	$k\times10^5$	2,14	2,14	2,14	2,12	2,16
Monoester éthylique	Dilution	316	390	500	596	721
	$k\times10^5$	1,86	1,83	1,88	1,90	1,85
Monoester propylique	Dilution	252	401	533		
	$k\times10^5$	1,78	1,70	1,72		
Monoester butylique	Dilution	297	395	458		
	$k\times10^5$	1,69	1,69	1,70		
Monoester isoamylique	Dilution	296		492	655	
	$k\times10^5$	1,69		1,69	1,68	

(1) P. Mastagli et Guy Bardinet, *Comptes rendus*, **223**, 1946, p. 667.

On voit que lorsque le radical estérifiant une des fonctions acides s'alourdit, la constante d'ionisation semble tendre vers une limite ($1,69-1,70.10^{-5}$).

La conductibilité du mélange eau-acétone utilisé était d'environ 3.10^{-6}. Elle s'est toujours montrée supérieure à celle de l'eau pure. Aussi nous a-t-il paru intéressant de faire une étude systématique en faisant varier les concentrations en acétone de 0 à 100 %. Les résultats en sont consignés dans le tableau suivant :

Eau (%).	Acétone (%).	Conductibilité du mélange $\times 10^6$.	Eau (%).	Acétone (%).	Conductibilité du mélange $\times 10^6$
100..........	0	2,7	94..........	6	2,95
99..........	1	3,5	90..........	10	3,02
98..........	2	4,2	60..........	40	1,95
97..........	3	3,6	20..........	80	0,88
96..........	4	3,2	0..........	100	0,35
95..........	5	2,96			

On voit que la conductibilité du solvant présente un minimum quand la proportion d'acétone est d'environ 2 %.

ADSORPTION. — *Influence de la température sur l'adsorption par une surface hétérogène.* Note [1] de MM. **Marcel Prettre** et **Olivier Gœpfert**, présentée par M. Paul Pascal.

Dans une précédente Note [2] nous avons montré qu'il était possible de décrire, par une somme d'isothermes unimoléculaires de Langmuir, l'isotherme d'adsorption d'un gaz par une surface dont les diverses plages actives possèdent une plus ou moins grande affinité pour l'adsorbat. Chaque plage est caractérisée par une valeur donnée de la constante b de l'équation de Langmuir, et cette constante est reliée à la chaleur d'adsorption Q par la relation habituelle

$$b = ke^{\frac{Q}{RT}}. \tag{1}$$

Nous avons ainsi exprimé correctement l'adsorption de l'hydrogène à 438° K. par un catalyseur au nickel et kieselguhr, en divisant la surface examinée en trois surfaces élémentaires qui, à cette température, sont caractérisées respectivement par les valeurs suivantes de b : 8, 0,2 et 0,01. Comme on ne peut envisager des variations considérables du facteur k, il faut nécessairement admettre qu'à des valeurs aussi différentes de b correspondent des chaleurs d'adsorption également très différentes. Il doit en résulter qu'une élévation de température diminue beaucoup plus le volume adsorbé aux faibles pressions

(1) Séance du 20 octobre 1947.

(2) *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 681.

que celui adsorbé aux pressions plus élevées. C'est ce que confirment qualitativement les variations considérables au cours de l'adsorption, du rapport R des pressions isostériques nécessaires à la fixation d'un même volume v de gaz à 438 et 456° K. :

v.......	5	10	15	22 cm³
R.......	20	5	2	1,6

Pour obtenir une confirmation quantitative, il faut faire correspondre à chaque coefficient b de l'isotherme théorique calculée pour la température de 438° K. une chaleur d'adsorption plausible et, à l'aide de l'équation (1), calculer les nouvelles valeurs de b à 456° K., puis à partir de celles-ci les volumes adsorbés par chacun des trois types de plages envisagés. Les valeurs choisies pour les chaleurs d'adsorption sont données ci-dessous ainsi que les valeurs de b qui y correspondent aux deux températures considérées :

	Type I (cal/g).	Type II (cal/g).	Type III (cal/g).
Q.......	72 000	20 000	10 000
à 438° K., b.......	8	0,2	0,01
à 456° K., b.......	0,2	0,07	0,006

En conservant, comme il est de règle, les mêmes volumes limites partiels, ces nouvelles valeurs de b permettent d'obtenir à partir de l'isotherme théorique à 438° K., une nouvelle isotherme théorique valable à 456° K., dont les volumes calculés v_c peuvent être comparés aux volumes mesurés v dans le tableau suivant :

p.....	4,3	32,4	71,5	126,0	271,2	441,8	555,0 mm/Hg
v.....	5,71	15,01	17,11	18,54	20,43	21,88	22,30 cm³
v_c.....	5,76	13,86	16,70	18,54	20,72	21,83	22,27 »

Il est clair que l'écart entre l'expérience et le calcul demeure très limité. Un tel accord apporte une confirmation importante de la validité de notre interprétation des isothermes d'adsorption unimoléculaire n'obéissant pas à l'équation de Langmuir. L'écart considérable entre les chaleurs d'adsorption qu'il est nécessaire d'adopter pour décrire à la fois l'influence de la pression et celle de la température sur le volume adsorbé, montre combien diffère l'aptitude des diverses plages d'un catalyseur à adsorber les réactifs et confirme la conception maintenant classique du petit nombre de plages actives capables de jouer un rôle important en catalyse de contact.

CHIMIE THÉORIQUE. — *Sur le caractère électronique de la cancérisation par les molécules organiques* (1). Note (2) de Mme **Alberte Pullman**.

Dans le développement que nous avons donné (3) de la théorie électronique des hydrocarbures cancérigènes, la détermination de l'action des

(1) La nomenclature adoptée ici est celle de l'école anglaise. Voir réf. 3.

(2) Séance du 20 octobre 1947.

(3) *Annales de Chimie*, 2, 1947, p. 5.

substituants est basée sur la théorie de l'école anglaise ([4]) de la transmission intermoléculaire des charges électriques. Nous avons attribué l'effet du méthyle et de ses homologues supérieurs sur le pouvoir cancérigène des hydrocarbures à l'action répulsive de ces groupements vis-à-vis des électrons. Dans cette conception, nous avons négligé habituellement l'effet inductif des alcoyles et tenu compte essentiellement de leur effet mésomère (hyperconjugaison) dans le sens déterminé expérimentalement par Baker et Nathan ([5]) et développé du point de vue de la mécanique quantique par Mulliken, Rieke et Brown ([6]). Bien que ce mode opératoire soit justifié, il y a néanmoins intérêt à examiner de près l'interaction de ces deux effets, car cette étude apporte une confirmation directe de l'importance du facteur électronique dans l'action des molécules cancérigènes, et des précisions sur la nature de l'état de transition qui caractérise l'interaction des hydrocarbures avec l'élément cellulaire dont l'intoxication provoque la maladie.

En effet, l'application de la théorie de l'hyperconjugaison n'est pas nécessaire pour comprendre, dans le cadre d'une théorie électronique du cancer, le rôle *global* des groupements alcoyles, car ces groupements sont tous caractérisés par un effet inductif répulsif vis-à-vis des électrons (+I) ([2]). Seulement, l'ordre dans lequel se classent ces substituants au point de vue de la grandeur relative de cet effet est $Me < Et < Pr^{\beta} < Bu^{\gamma}$, ce qui constitue l'ordre inverse de celui dans lequel ces substituants sont capables d'exalter habituellement l'activité cancérigène des hydrocarbures. De nombreux travaux, inaugurés par ceux de Baker, ont eu pour résultat de démontrer que, à cet effet (+I) s'ajoutent, déjà dans l'état fondamental des molécules, un effet mésomère (+M) décroissant dans l'ordre $Me > Et > Pr^{\beta} > Bu^{\gamma}$, et surtout dans l'état de transition, *pour des réactions demandant un afflux d'électrons*, un effet électromère (+E), très puissant, capable de renverser l'ordre indiqué par l'effet (+I) et d'imposer celui suggéré par l'effet (+M). Il en résulte que la manifestation de l'effet d'hyperconjugaison peut être considérée comme caractérisant une réaction facilitée par un afflux d'électrons. *Le fait que l'ordre dans lequel se classent habituellement les alcoyles au point de vue de la production du cancer soit précisément celui qu'indiquerait la prédominance de l'effet de polarisabilité montre le rôle prépondérant de la concentration des charges dans l'état de transition caractérisant l'interaction de l'hydrocarbure avec la cellule, et la nature électrophile (avide d'électrons) de l'élément cellulaire siège de la cancérisation.* La capacité d'hyperconjugaison particulièrement élevée du méthyle explique alors son rôle spécial dans la production du cancer.

L'importance prédominante de l'effet tautomère des substituants, provoqué

([4]) Voir surtout Ingold, *Chem. Rev.*, 15, 1934, p. 225.
([5]) *J. Chem. Soc.*, 1935, p. 1844; Baker, *J. Chem. Soc.*, 1939, p. 1150.
([6]) *J. Amer. Chem. Soc.*, 63, 1941, p. 41.

partiellement par l'avidité électronique de l'élément cellulaire, est également visible dans l'exaltation du pouvoir cancérigène des hydrocarbures par la fixation d'halogènes sur leur périphérie. En se basant sur la forte électronégativité du chlore, Schmidt a prédit ([7]) que cet élément aurait, au point de vue de la cancérisation, une action analogue à celle de l'azote, c'est-à-dire qu'il diminuerait le pouvoir cancérigène des hydrocarbures. L'existence de composés possédant des atomes d'halogènes en même temps que des groupements alcoyles, et néanmoins cancérigènes, n'était pas en contradiction avec ce point de vue, mais dernièrement des dérivés du 1.2-benzanthracène ne contenant que des halogènes, ont été essayés à l'Institut du Radium pour leur activité physiopathologique, et l'on a constaté que, par exemple, le 10-chloro-1.2-benzanthracène était cancérigène, ce qui infirme la prédiction de Schmidt. Le chlore exhibant un effet (—I), il est évident que l'activité physiopathologique de ce dérivé doit être attribuée à l'effet tautomère (+T) des halogènes, effet qui doit être exalté dans les grandes molécules ([8]). La croissance de l'effet mésomère des halogènes en fonction du nombre des noyaux accolés et de la valence libre du sommet substitué, conforme aux règles de B. Pullman ([9]), est confirmée par exemple par les mesures des moments dipolaires des chloronaphtalènes ([10]). D'autre part l'effet généralement plus fort du chlore, par rapport au brome sur l'exaltation de l'activité cancérigène des hydrocarbures, est en accord avec l'ordre des grandeurs relatives de leur effet tautomère indiqué par l'école anglaise.

L'activité cancérigène des hydrocarbures apparaît ainsi comme étant fonction, non seulement de leur structure électronique statique, mais également de déformations dynamiques que celle-ci subit essentiellement sous l'effet de la polarisabilité. A ce propos, il faut remarquer que l'existence de l'effet électromère ne change pas l'ordre, établi sur la base de l'effet mésomère, dans lequel se classent les hydrocarbures cancérigènes, substitués en différentes positions, car dans le type de réactions examiné ici, ces deux effets évoluent parallèlement ([8]).

CHIMIE GÉNÉRALE. — *Interprétation de quelques particularités de la liaison hydrogène entre molécules hydroxylées.* Note ([1]) de M. **Paul Rumpf**, présentée par M. Louis Hackspill.

Dans l'ion ammonium qui présente une symétrie tétraédrique, les quatre liaisons NH sont équivalentes et la grande acidité de cet ion, par rapport à

([7]) *Zeits f. Phys. Chem.*, 42, 1939, p. 83.

([8]) Wheland, *The theory of resonance*, New-York, 1944; Mme A. Pullman, *Bull. Soc. Chim.*, 7-8, 1947, p. 652.

([9]) *Comptes rendus*, 222, 1946, p. 1396.

([10]) Voir par exemple Hampson et Weissberger, *J. Chem. Soc.*, 1936, p. 393.

([1]) Séance du 13 octobre 1947.

celle de l'ammoniac, constitue une manifestation mesurable de l'effet inductif direct exercé par le proton dont la fixation affaiblit les liaisons NH voisines, en accentuant leur caractère ionique par une polarisation dans le sens $N^{-}H^{+}$. Il y a tout lieu de penser que, par un processus électrostatique tout à fait comparable, la formation d'une liaison hydrogène A H... B agit de même sur les liaisons OH ou NH de B.

Les résultats obtenus par divers expérimentateurs (2) prouvent, en effet, que la liaison hydrogène est essentiellement un phénomène d'attraction électrostatique, conformément au point de vue adopté par Pauling et, dès 1938, par E. Bauer et M. Magat (3). Dans les cas typiques d'association par l'hydrogène, des recherches de plus en plus précises (4) ont montré que la combinaison moléculaire est stabilisée par l'acidité de AH et par la basicité de B, c'est-à-dire précisément par les facteurs qui augmentent la faible probabilité d'une salification, d'un transfert complet du proton de A vers B.

L'étude des bandes infrarouges $C=O$ et $C-O$ de diverses molécules B (acétone, éther éthylique) a permis de mettre directement en évidence (5) un affaiblissement des liaisons correspondantes, lors de l'association avec le proton lié de AH.

Si la formation d'une liaison hydrogène entre une première molécule faiblement acide, comme celle d'un alcool par exemple, et l'oxygène d'une seconde molécule identique augmente l'acidité de cette dernière, les faits qui viennent d'être rappelés (4c) impliquent que cette polarisation, d'autant plus accentuée que la liaison hydrogène est plus forte, détermine un accroissement de stabilité lorsque la seconde molécule hydroxylée s'associe à son tour avec une troisième, et ainsi de suite. Il en résulte donc une polarisation relayée, renforcée, qui explique l'existence de chaînes dans lesquelles une même molécule intercalaire joue en même temps les rôles de AH et de B. La longueur de ces chaînes est limitée, selon les cas, soit par l'encombrement stérique, soit par l'agitation thermique dont l'influence destructrice a d'autant plus de chances d'agir que le nombre de points de rupture possible est plus élevé, finissant ainsi par l'emporter sur l'effet stabilisateur d'un nombre croissant de polarisations. Puisque la force des liaisons hydrogène augmente avec la longueur des enchaînements de molécules hydroxylées, les variations simultanées de ces deux grandeurs peuvent être une des causes de la structure complexe de certaines bandes d'association, étalées dans l'infrarouge vers les grandes longueurs d'onde.

---

(2) Voir notamment : J. KARLE et L. O. BROCKWAY, *J. Amer. Chem. Soc.*, **66**, 1944, p. 574; J. A. A. KETELAAR, *J. Chem. Phys.*, **9**, 1941, p. 775.

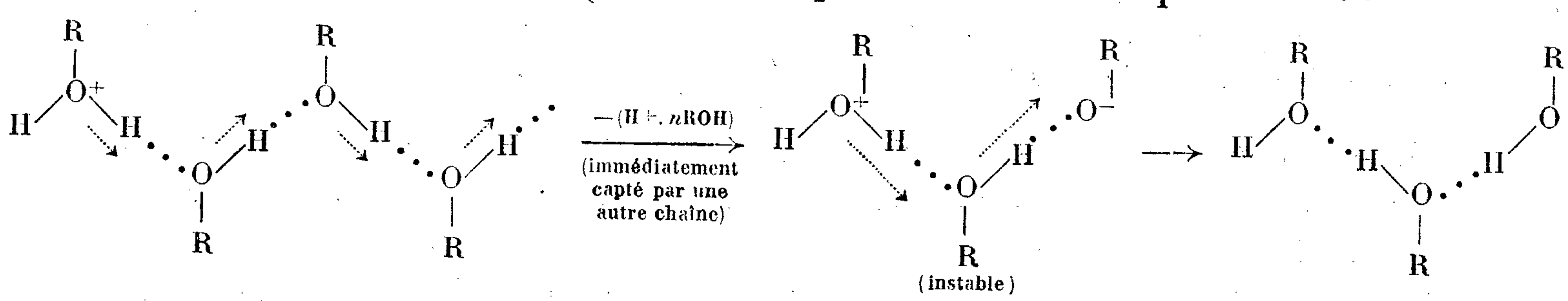
(3) *Journ. de Phys.*, **9**, 1938, p. 319.

(4) Voir, par exemple : *a.* J. KENDALL, J. E. BOOGE et J. C. ANDREWS, *J. Amer. Chem. Soc.*, **39**, 1917, p. 2303; *b.* W. H. RODEBUSH et A. M. BUSWELL, *J. Phys. Chem.*, **43**, 1939, p. 219; *c.* C. S. VENKATESWARAN, *Proc. indian Acad. Sci.*, **7**, A, 1938, p. 13; *d.* W. GORDY, *J. Chem. Phys.*, **9**, 1941, p. 215.

(5) J. LECOMTE, G. CHAMPETIER et P. CLÉMENT, *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 553; W. GORDY, *J. amer. chem. Soc.*, **60**, 1938, p. 605.

En étudiant l'absorption infrarouge des solutions de méthanedeutérol CH_3OD, Gordy (4*d*) a constaté que les composés hydroxylés paraissent exercer sur le pôle D^+ une attraction d'une intensité nettement supérieure à celle que permettait de prévoir la faible basicité de l'hydroxyle. Nous comprenons immédiatement que, dans ce cas, la force exceptionnelle des *liaisons deutérium* est due en réalité à une accentuation du caractère ionique de la liaison OD, par suite de la fixation d'une chaîne de molécules hydroxylées sur l'oxygène de l'alcool lourd.

Dans les solutions acides, l'hydrogène du pont initial de certaines chaînes d'association est fourni par un oxonium dont la grande acidité se transmet de même à tous les oxhydriles associés, augmente leur probabilité de rupture par ionisation et limite donc la longueur ainsi que la durée de vie moyennes des chaînes chargées. On a, par exemple, le processus schématique suivant :



Si l'on parvient à prouver directement que les effets inductifs additionnels, constitués par ces polarisations successives, ne s'amortissent pas trop vite, de tels mécanismes seront susceptibles d'expliquer certaines propriétés électrochimiques des solutions aqueuses, d'une manière plus précise que ne l'ont fait W. M. Latimer et W. H. Rodebush (6) (grande mobilité apparente des ions H^+ et HO^-; non-existence d'ions H_3O^+ nettement individualisés). Ils permettent aussi d'envisager un nouveau mode d'action électronique à distance, dans les *milieux biologiques* où abondent les associations intermoléculaires complexes par liaisons hydrogène.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Étude des sels basiques insolubles et calcul des produits de solubilité.* Note (1) de MM. **Max Geloso** et **Pierre Deschamps**, présentée par M. Paul Pascal.

Dans une précédente Communication (2), nous avons montré que, théoriquement du moins, il suffit de deux mesures de pH pour établir la constitution d'un sel basique insoluble, à condition bien entendu qu'il n'existe en solution que des ions simples, non condensés.

---

(6) *Journ. Amer. Chem. Soc.*, 42, 1920, p. 1419.

(1) Séance du 20 octobre 1947.

(2) *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 1163.

Construite par points, la courbe $pH = f(a)$ [3] est ascendante et tend vers une asymptote verticale d'abscisse $x/(x+1)$, où x est l'indice du sel basique insoluble.

En fait on observe souvent la présence d'un ou plusieurs points singuliers T, suivis d'un pseudo-palier à pH légèrement croissant, puis la courbe reprend son allure ascendante.

Comme le remarque Feitknecht [4], ces points indiquent l'apparition d'un nouveau sel insoluble. L'application de la règle de Gibbs montre qu'au cours du titrage, deux phases solides doivent se trouver en équilibre avec la solution, en chaque point du palier.

Soit, pour simplifier, un sel de cation bivalent A_nB ($n = 1$ ou 2 suivant la valence de l'anion A), susceptible de donner naissance à un sel basique $A_nB, xB(OH)_2$, ainsi qu'à l'hydroxyde [5].

Les produits de solubilité du sel basique et de l'hydroxyde s'expriment respectivement par les relations

$$[B]^{x+1}[A]^n[OH]^{2x} = S_b, \tag{1}$$

$$[B][OH]^2 = S_h. \tag{2}$$

Au début de la précipitation $1/n[A] = [B] = \theta$, θ étant la concentration moléculaire initiale du sel.

La phase solide qui apparaît en premier lieu est constituée soit par le sel basique, soit par l'hydroxyde, selon que la concentration en ions OH, qui augmente peu à peu par addition de base, satisfait d'abord l'une ou l'autre des équations (1) ou (2). Ceci dépend du rapport des produits de solubilité et se trouve déterminé par les inégalités $S_b/S_h^x \lessgtr n^n\theta^{n+1}$.

Par ailleurs, l'abscisse du point T ne se confond pas nécessairement avec celle de l'asymptote et la position du point singulier ne permet pas, dans tous les cas, de déterminer la constitution de la phase solide.

On peut poser, en effet,

$$[B] = \theta f_B\left(1 - a\frac{x+1}{x}\right), \qquad [A] = n\theta f_A\left(1 - \frac{a}{x}\right) \quad [6].$$

Au point T les équations (1) et (2) doivent être satisfaites, d'où

$$f_B f_A^n\left(1 - a_T\frac{x+1}{x}\right)\left(1 - \frac{a_T}{x}\right)^n = \frac{1}{n^n\theta^{n+1}}\frac{S_b}{S_h^x}.$$

---

(3) Nous posons

$$a = \frac{\text{base versée}}{\text{base exigée pour l'hydroxyde}}.$$

(4) *Helvetia Chim. Acta*, 16, 1933, p. 1302.

(5) Le raisonnement serait le même s'il se formait consécutivement deux sels basiques.

(6) On désigne par f le coefficient d'activité d'un ion.

Soit, alors $\varepsilon = 1 - a_T(x + 1/x)$, il vient approximativement

$$\varepsilon = \frac{1}{f_B f_A^n n^n \theta^{n+1}} \frac{S_b}{S_h^x} \left(\frac{x+1}{x}\right)^n. \tag{3}$$

ε mesure [au coefficient $(x + 1/x)$ près] la distance entre l'abscisse $x/(x+1)$ de l'asymptote verticale et l'abscisse a_T du point singulier. Cette distance varie avec la dilution et le rapport des produits de solubilité. Dans le seul cas où elle est négligeable, le point T se trouvant sur l'asymptote, on peut déduire de sa position la valeur de x indice du sel basique.

Dans le cas des sels cuivriques, le sel basique d'indice 3 se forme en premier lieu [2]; apparaît ensuite l'hydroxyde. Le point singulier T se trouve sur l'asymptote d'équation $x/(x+1)$, comme on peut le déduire de la connaissance des produits de solubilité qui vont être calculés [équation (3)].

L'équation (1) permet en effet le calcul de S_b le long d'une courbe de précipitation. Nous ne citerons qu'un exemple

SO_4Cu conc. initiale moléc. : 0,00342; neutralisation par HONa; température 34° :

a	0,103	0,207	0,314	0,418	0,521
$\sqrt[4]{S_b} \cdot 10^{16}$	0,9	0,85	0,7	0,8	1,1

On obtient des résultats analogues en opérant à différentes concentrations variant entre 0,00171 et 0,0171, en neutralisant par une base faible ($HONH_4$) ou forte [HONa; $(HO)_2Ba$]

Enfin la nature de l'anion : chlorure, nitrate ou sulfate, change peu la valeur de S_b. Nous adopterons comme moyenne $S_b = 10^{-64}$ [4]. Connaissant S_b et le pH du point T, il devient facile de calculer S_h, produit de solubilité de l'hydroxyde, dont la mesure expérimentale est en général si délicate. Du système d'équation (1) et (2) on tire

$$\frac{x+1}{2} \log S_h = \log K_e + \frac{1}{2} \log S_b + p_H - \frac{n}{2} \log[A],$$

où K_e est la constante d'ionisation de l'eau.

Nous extrayons de nos résultats quelques valeurs obtenues à partir du sulfate, du nitrate ou du chlorure, neutralisés par la soude ou l'ammoniaque à des températures variant entre 20° et 34°

Produits initiaux.	Nitrate.	Chlorure.	Sulfate.	Chlorure.	Sulfate.
θ...........	0,0045	0,0053	0,0064	0,0128	0,0318
$(pH)_T$.......	6,74	7,86	7,90	6,60	7,66
S_h [7]	$5,0 \cdot 10^{-19}$	$8,4 \cdot 10^{-19}$	$3,2 \cdot 10^{-19}$	$4,0 \cdot 10^{-19}$	$3,2 \cdot 10^{-19}$

On adoptera pour S_h la valeur $5 \cdot 10^{-19}$.

(7) Compte tenu de la correction d'activité.

MINÉRALOGIE. — *Au sujet des vatérites et des autres variétés de carbonate de calcium.* Note de M. **Gabriel Lucas**, présentée par M. Charles Jacob.

Dans une Note récente, parue ici même, M. J. Stolkowski ([1]) apporte certains renseignements sur la vatérite et ses rapports avec les autres carbonates de calcium. L'étude des colorations que ces produits sont susceptibles de prendre et la possibilité de leur utilisation en chromatographie présentent un intérêt certain. Il est cependant regrettable que l'auteur ne se soit pas reporté aux communications faites le 11 avril 1946 à la Société française de Minéralogie, par R. Faivre et par moi-même ([2]).

En effet, tandis que R. Faivre y étudiait de très près les équilibres chimiques entre calcite, aragonite et vatérite, il m'a été possible de donner sur la vatérite un certain nombre de précisions. J'ai obtenu le μ-CO_3Ca, dont l'identité semble douteuse à M. Stolkowski, en monocristaux de grande dimension (150^{μ} environ), par double décomposition au cours de diffusions lentes, et par d'autres procédés. Son identité avec une des vatérites a été démontrée par l'étude de son spectre de Debye-Scherrer faite par R. Faivre. Ses caractères optiques (signe optique positif, uniaxie, biréfringence forte des paillettes vues par la tranche) ont pu être parfaitement observés. Enfin, certains groupements de cristaux m'ont permis de donner une interprétation du fait déjà décrit, signalé à nouveau par M. Stolkowski, que les fibres des sphérolites de vatérite présentent un signe d'allongement tantôt négatif, tantôt positif. Certains de ces faits, du reste, étaient connus, comme en témoigne l'abondante bibliographie réunie par R. Faivre et par moi-même.

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE. — *Résultats de quelques expériences sur la désagrégation des roches cristallines.* Note ([1]) de M. **P. Birot**, présentée par M. Emmanuel de Martonne.

Dans le but d'élucider les conditions climatiques de la décomposition des roches cristallines et le mécanisme de l'érosion différentielle dans les socles anciens, nous avons soumis à cinq traitements différents des échantillons frais de roches cristallines (diorites, granites et syénites), ainsi que des cristaux de grande taille de biotite, de muscovite et d'orthose.

([1]) *La vatérite et les formes minéralogiques du calcaire* (*Comptes rendus*, 225, 1947, p. 312).

([2]) Gabriel Lucas, Communications faites à la Société française de Minéralogie à la Séance du 11 avril 1946 (*Bull. Soc. Fr. Min.*, 69, p. 9); Gabriel Lucas, *Quelques observations sur la vatérite cristallisée, sa préparation et sa transformation en calcite* [*Bull. Soc. Fr. Min.*, 70 (sous presse)].

([1]) Séance du 20 octobre 1947.

Série I, en permanence dans l'eau à la température ordinaire (celle d'une pièce non chauffée).

Série II, pendant 12 heures dans l'eau à la température ordinaire et pendant 12 heures au sec à la température ordinaire.

Série III, pendant 12 heures dans l'eau à la température ordinaire, et pendant 12 heures en étuve sèche à 70°.

Série IV, dans l'eau à 70° et, quand cette eau s'est évaporée sur place, au sec, à la même température.

Série V, dans l'eau à 50° en permanence.

Le traitement a été poursuivi pendant une durée de 5 à 7 mois suivant les cas. Les hautes températures appliquées correspondent aux maxima observés dans la réalité, sous des climats chauds et secs ou chauds et humides. L'eau employée était de l'eau de pluie.

La roche a réagi de façon systématique aux cinq traitements. Les séries I et II ont donné quelques débris en quantité insignifiante. La série III a donné un dépôt de sable fin, avec nombreux débris de 1 à 2^{mm} de diamètre, les premiers à se détacher étant toujours des lamelles de biotite. Ces cailloux ont accusé une forte diminution de poids : 150^{mg}, en moyenne, pour des échantillons de 20^{g} environ. Un gros cristal de biotite de 3^{g} a perdu 6 % de son poids, et un cristal analogue de muscovite 30 fois moins, ceci en deux étapes : l'une au début des expériences, ce qu'on peut attribuer à la réalisation d'une désagrégation virtuelle antérieure, l'une à la fin, ce qui ne peut s'expliquer que par le traitement subi.

La série IV a vu apparaître au bout de deux mois, une croûte de carbonate de fer, et au bout de cinq mois, des efflorescences salines blanchâtres qui recouvraient d'une patine uniforme tous les échantillons, en les rendant méconnaissables. Il s'agit évidemment d'éléments empruntés aux roches et déposés quand l'eau s'évaporait. Ces cailloux ont augmenté de poids ($+ 100^{mg}$ en moyenne pour un poids initial de 20^{g}). On est donc en présence d'un phénomène d'hydratation.

Quant à la série V, elle a donné un précipité argileux au fond des éprouvettes. Le poids final diffère peu du poids initial, tantôt en plus, tantôt en moins. Ceci signifie que la perte de substance sous la forme colloïdale ou en solution ordinaire est compensée par l'hydratation. Comme dans la série III, la roche conserve un aspect sain.

Quelles interprétations peut-on donner de ces résultats touchant les phénomènes naturels?

L'exemple de la série IV montre comment peut se former une croûte sous un climat chaud alternativement sec et humide, quand l'eau imbibant la roche nue s'évapore sur place (patine désertique).

La perte de substance la plus importante est réalisée dans la série III par désintégration granulaire de la roche avec des variations importantes de

température et d'humidité : ces conditions sont réalisées dans les zones subarides où une pluie froide s'abat brusquement sur la roche surchauffée, et où l'on sait que les batholites granitiques sont excavés rapidement. Le mécanisme de cette désintégration est encore obscur. Les expériences pratiquées en Amérique, en baignant les cailloux dans l'huile, ont montré que ce ne sont pas les variations de volume des cristaux consécutives aux variations de température qui provoquent la dissociation des grains (*Journal of Geology*, 1916-1937). Les résultats des séries II et III montrent que les variations d'humidité ne suffisent pas non plus à provoquer le phénomène. Une combinaison des variations brusques de température et d'humidité est nécessaire. La biotite se montre le minéral le plus sensible. Il faut noter qu'une série subsidiaire soumise au même traitement pendant deux mois, en réduisant à quelques minutes la période d'immersion dans l'eau froide a donné également une forte désintégration granulaire. De nouvelles expériences sont nécessaires pour démontrer le processus.

La série V a été placée dans des conditions de chaleur et d'humidité constante de type équatorial (cas extrême) et a donné une décomposition argileuse qui doit faire l'objet d'une étude particulière. Il faut observer qu'une différence essentielle subsiste avec les conditions réelles des climats équatoriaux : l'absence d'acides organiques dans l'eau chaude. Enfin, toutes les fois que les cailloux ont baigné dans l'eau chaude, la grande importance du phénomène d'hydratation est apparue.

Par contre, l'un de nos objectifs n'a pas été atteint, à savoir l'origine des contrastes de dureté entre les divers types de roches cristallines telles qu'elles se manifestent dans les régions subarides. La mesure des pertes de substance dans la série III, en particulier, a révélé des inégalités du même ordre de grandeur que celles qui ont été données par des roches de nature différente. Pour éliminer ces variations accidentelles, il faudrait sans doute soumettre au traitement une surface rocheuse supérieure à celle que nous pouvions engager dans notre étuve.

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE. — *Sur quelques indices géomorphométriques.* Note (1) de M. **Jean Tricart**, présentée par M. Emmanuel de Martonne.

Il serait utile que l'étude de plus en plus poussée du relief du sol puisse accroître encore sa précision par l'emploi de méthodes quantitatives. Or, les essais pour définir des méthodes de mesure propres à l'analyse des formes du relief en vue d'en définir la genèse, sont restées jusqu'ici trop rares en France, et l'application n'en a guère été envisagée que pour des régions de mon-

(1) Séance du 4 août 1947.

tagne [2]. Nous voudrions essayer de le faire pour les bassins sédimentaires, et, en particulier, pour les versants de vallées, fronts de côte, escarpements de failles qui en sont les éléments de relief caractéristiques. Pour cela, nous avons défini trois indices aisément chiffrables :

L'indice de dissymétrie d'une vallée est le rapport de la médiane d'une série de mesures de pentes du versant le plus incliné à la médiane des pentes du versant le moins incliné :

$$I_d = \frac{P_a}{P_b}.$$

La sensibilité de cet indice est augmentée en exprimant les pentes en %.

Pour une vallée symétrique, l'indice serait égal à 1; il augmente ensuite vers l'infini avec la dissymétrie.

L'indice de courbure d'un versant de vallée, d'un talus de côte ou d'un escarpement de faille

$$I_c = \frac{2f}{L},$$

f étant la plus grande distance du profil courbe du versant à la droite L qui joint le sommet à la base de ce versant ou talus.

On peut effectuer, par convention, cet indice du signe + dans le cas d'une pente convexe, et du signe — dans celui d'une pente concave. Il varie de 0 pour une pente rectiligne à 1, valeur asymptotique irréalisable.

L'indice de symétrie de courbure I_s permet de fixer l'endroit du versant où la courbure change de rayon. Soit l la distance entre le sommet de la pente et le point où f rencontre L

$$I_s = \frac{l}{L}.$$

Il varie lui aussi de 0 à 1. Pour une courbure symétrique, en arc de cercle, il est égal à 0,5. Si la courbure est plus accentuée à la partie supérieure du versant, on a : $0 < I_s < 0{,}5$. Dans le cas d'une pente plus raide à la partie inférieure, on a $0{,}5 < I_s < 1$.

Le calcul de ces indices est simple et rapide. Avec une habitude très vite acquise, leur examen permet de se faire une image concrète de la pente. Par ailleurs nous travaillons à établir des tableaux où nous confrontons, pour les côtes de l'Est du Bassin de Paris, ces indices avec le pendage des couches, et le rapport de l'épaisseur de la couche dure à l'épaisseur totale des couches formant le front de côte. Nous avons constaté que, pour un même ensemble de

---

(2) Emmanuel de Martonne, *Détermination et interprétation des altitudes moyennes de la France et de ses grandes régions* (*Ann. de Géogr.*, 1941); Péguy, *Haute Maurienne et Ubaye*, esquisse physique (*Thèse de doctorat*, Grenoble, 1947); Onde, *Maurienne et Tarentaise, Étude de Géographie physique*, 1938.

couches, I_c croît avec le pendage d'une part, avec l'épaisseur de la couche dure d'autre part. Cette loi se vérifie en particulier pour la côte de Champagne, dont le front convexe est plus bombé là où le pendage s'accentue. Ainsi, pour un affleurement de couche dure formant 40 % du total,

I_c est égal	à + 0,032	pour un pendage nul	
»	à + 0,043	pour un pendage de	0,5 %
»	à + 0,052	»	0,6 %
»	à + 0,072	»	1 %
»	à + 0,092	»	1,5 %

Quand le rapport des épaisseurs descend ici au-dessous de 20 %, le pendage étant voisin de O, la pente devient concave. La convexité s'accroît avec le rapport des épaisseurs (R_e), pour un pendage à peu près nul :

I_c est égal	à — 0,004	pour R_e égal à	18 %
»	à + 0,022	»	36 %
»	à + 0,038	»	50 %
»	à + 0,052	»	70 %.

Par ailleurs, ces valeurs varient avec la nature des couches superposées : un tableau comparatif de nos indices, pour des ensembles de couches différentes placés dans les mêmes conditions de pendage et ayant les mêmes rapports d'épaisseurs, peut donner une échelle de résistance chiffrée de ces couches. Une fois ces chiffres de dureté établis, il est possible de comparer, toujours par la même méthode, la résistance d'une même roche sous des climats différents, et, ainsi, de mesurer l'action érosive dans les divers milieux du globe.

L'indice de dissymétrie, étudié en fonction de l'orientation des vallées, peut déceler des influences climatiques actuelles ou fossiles. Ainsi, les vallées de la Craie Champenoise orientées NO-SE ont des dissymétries de l'ordre de 4 alors que celles qui sont dirigées NE-SO sont symétriques, ce qui semble dû à une intensité plus grande des phénomènes de nivation périglaciaires au quaternaire.

GÉOLOGIE. — *Sur le soulèvement principal de la Cordillère orientale des Andes de l'Équateur et la création du réseau du Haut-Amazone.* Note de M. **Edmond Bruet**, présentée par M. Charles Jacob.

En bordure de la plus importante coupure fluviatile pratiquée dans la Cordillère orientale des Andes de l'Équateur, celle du Pastaza, affluent de l'Amazone, j'ai décrit précédemment des vestiges impressionnants laissés par deux glaciations de types et d'âges différents (1).

(1) *Glaciations pléistocènes sous l'Équateur* (*C. R. S. Soc. Géol. Fr.*, séance du 21 avril 1947, pp. 131-132).

Dès que la Cordillère orientale eut atteint son point culminant, ses hauteurs connurent de grands glaciers qui remplirent des dépressions structurales dont le modèle est offert par la dépression pré-Pastaza, débutant à plusieurs kilomètres à l'ouest de Baños. Il y demeure des vestiges importants de produits de nivation situés à la base, reposant sur des schistes fortement plissés, produits surmontés par des vestiges grandioses de la moraine I. Comme il n'y a pas trace d'alluvions et que la rivière, qui coule maintenant à 30^{m} plus bas, a découpé la partie non protégée de la moraine, la Pastaza n'existait pas au moment où s'installait la première glaciation, pas plus que le Chambo, le Patate ou le Cutuchi. Mais à l'extrémité est du grand glacier de piedmont représenté aujourd'hui par la moraine I et bien à l'est de Baños, il y avait sans doute un torrent qui s'échappait du glacier; ainsi on peut expliquer l'entaille plus profonde dans la Cordillère à l'est du Puente Rio Ulva, sans pour cela négliger les perturbations importantes et répétées causées au Pastaza par les éruptions successives du volcan Tungurahua dont la dernière date de 1916. Le Pastaza est même né, comme nous le verrons, postérieurement à la deuxième glaciation (glaciation de plateaux).

Au moment de la deuxième glaciation, tous les volcans et les hauteurs de la Chaîne orientale épanchaient leurs glaciers dans toutes les directions. On voit par exemple que la vallée glacière du Salado possédait un glacier capable d'excaver non seulement la moraine I, qu'il prenait juste par le travers, mais aussi le substratum schisteux, et descendait au-dessous du niveau actuel du Pastaza, donc au-dessous du substratum de la moraine I. Il y a une confirmation nette du principe des observations de MM. C. Jacob et J. Jung (¹) faites sur les formations glaciaires de Bort-les-Orgues (Massif Central de la France). Dans la région de l'Équateur que nous décrivons, les glaciers de plateaux sont plus récents que les glaciers de piedmont, puisqu'à la fois ils ont laissé leurs vallées en U sur des coulées qui recouvrent les moraines des glaciers de piedmont, et que lesdites vallées en U de la deuxième glaciation recoupent les moraines de la première glaciation.

Regardons maintenant ce que nous pouvons tirer de nos observations concernant la 2^{e} glaciation. A ce moment-là, les glaciers de Tungurahua, du Cerro Altar, du Carihuairazo, du Chimborazo, etc., envoyaient leurs glaciers radialement, mais beaucoup convergeaient sur Riobamba et ses environs, rendant intenable, pour des Herbivores, la région de Punin où l'on a trouvé des restes d'une importante faune fossile avec un crâne humain, celui-ci d'âge douteux. Entre les deux glaciations, dans l'interglaciaire, cette faune avait pu prospérer dans une région renfermant des lacs. On trouve en effet les dépôts de ces lacs recoupés par le Patate et le Chambo, dont la rencontre

(¹) Note sur les formations glaciaires et fluvio-glaciaires de la région de Bort-les-Orgues. *Rev. Sc. Nat. Auvergne*, Vol. 11, fasc. I-II, p. 27, Clermont-Ferrand, 1945.

forme le Pastaza. Tous renferment des Pulmonés d'eau douce et ce que l'on peut penser être des vestiges de plantes aquatiques minéralisés par le fer. Ainsi s'explique l'extermination de la faune, sans avoir besoin de recourir à un cataclysme volcanique comme le fait Anthony du Muséum de New-York (²).

Pour en revenir au Pastaza, ce n'est qu'après la 2ᵉ glaciation qu'il pût s'établir, après érosion régressive du pré-Pastaza, dans sa position actuelle et que naquirent le Patate et le Chambo qui recoupent, on l'a vu, les dépôts des lacs interglaciaires recouverts aujourd'hui par des matériaux volcaniques ou par du lœss.

Mes observations ne révèlent l'existence que de deux glaciations; elles portent aussi bien sur la Cordillère orientale que sur la forêt vierge du Haut-Amazone. J'ai relevé notamment dans le bassin du Napo, près des campements du Rio Arajuno, deux terrasses climatiques emboîtées, édifiées par un ancien réseau hydrographique aujourd'hui abandonné par les eaux, et le survol en avion du Haut-Amazone permet de relever des traces nombreuses d'anciens cours d'eau actuellement périmés.

Les faits exposés ci-dessus me conduisent à situer le soulèvement principal de la Cordillère orientale à l'époque qui a immédiatement précédé la première glaciation, l'existence de la faune de Punin dans l'interglaciaire et la naissance du réseau hydrographique actuel à la fin de la deuxième glaciation. En ce qui concerne les glaciations, on pourrait paralléliser la première avec la glaciation Illinoian de l'Amérique du Nord (que les auteurs parallélisent avec la Riss européenne) et la seconde avec celle de Wisconsin (Würm). Mais y a-t-il eu réellement simultanéité dans les deux hémisphères ? Dans tous les cas, les vallées en U radiales de la seconde glaciation, comme leurs moraines, me paraissent singulièrement fraîches dans une zone de l'Ecuador où les chutes pluviales annuelles atteignent et dépassent même actuellement 1700 millimètres.

GÉOLOGIE. — *La tectonique pyrénéenne dans le granite du Néouvielle (Hautes-Pyrénées).* Note de M. **Pierre Hupé**, présentée par M. Charles Jacob.

Le batholite granitique du Néouvielle, mis en place à la fin de l'orogénèse hercynienne, est traversé par toute une série de zones de laminage, orientées dans l'ensemble à peu près E-O et relevant d'orogénèses postérieures au plissement hercynien, car les filons lamprophyriques qui, d'aventure, se trouvent pris dans ces zones, sont eux-mêmes laminés.

Sur une coupe nord-sud de 10^{km}, allant du pont de la Gaubie (à l'est de Barèges) jusqu'au Pic Long (3191^{m}), c'est-à-dire du bord nord au bord sud du batholite, on ne rencontre pas moins de sept ou huit de ces zones mylonitiques,

(²) L. R. Sullivan and M. Hellman, *The Punin calvarium* [*Anthrop. papers of the Amer. Mus. of Nat. Hist.*, vol. XXIII, part. VII, New-York, 1925 (avec une introduction de H. E. Anthony)].

larges de plusieurs décamètres, où le granite, fortement écrasé, prend un aspect de gneiss à grain fin, chloritisé, ou de chloritoschiste, avec imprégnation de quartz de métasomatose. Les plans de laminage pendent tous au Nord, mais suivant un angle qui diminue à peu près régulièrement quand on va du Nord au Sud. C'est ainsi que, le long du torrent d'Aygue-Cluse, dans la zone la plus septentrionale, le pendage oscille entre 90° et 70° S, tandis qu'il atteint 65° N à la brèche Chaussenque au Nord-Ouest du Néouvielle et 40-45° N à la Hourquette de Bugarret au Sud-Ouest du même pic.

L'absence, suivant cette coupe, du revêtement sédimentaire du batholite empêche toute évaluation exacte de l'importance des glissements différentiels inscrits dans les laminages comme toute compréhension précise de leur rôle dans la tectonique régionale.

Il n'en est plus de même à la limite méridionale du massif où se manifeste un magnifique déversement du granite sur sa bordure, déversement que ne laissaient pas supposer les levés de G. Bresson, si précis par ailleurs, sur la feuille de Luz. Aux abords septentrionaux du Pic Long, le granite laminé se couche suivant un angle de 20 à 40° sur son auréole (calcaires carbonifères et cornéennes) et se débite même en plusieurs écailles à l'Ouest du lac Tourrat. L'ampleur du phénomène augmente rapidement vers l'Est, dans la partie haute du ravin de l'Estaragne, où le granite chevauche, non plus son auréole, mais un Dévonien moyen fossilifère à peine métamorphique. Compte tenu des répétitions tectoniques et de l'étirement de l'auréole, l'amplitude visible du chevauchement peut être évaluée à un millier de mètres, mais sa grandeur réelle est certainement de l'ordre de plusieurs kilomètres. Encore ne s'agit-il ici que du chevauchement du bord méridional du massif. Il faut, en réalité, lui ajouter tous les déplacements correspondant aux différentes zones laminées de l'intérieur.

Cette constatation est importante pour la compréhension des charriages classiques de la région de Gavarnie située immédiatement au Sud. Contrairement à ce que pouvaient laisser croire les contours de la feuille de Luz, le charriage vers le Sud n'est pas limité au sédimentaire (Primaire, Crétacé supérieur et Éocène), mais affecte violemment et profondément le *cristallin* situé plus au Nord. Du même coup se trouve éliminée une hypothèse qui pouvait naître de l'examen de ces mêmes contours, à savoir que le charriage pouvait résulter d'un simple décollement au niveau du Gothlandien, par un jeu de couverture.

En outre il est remarquable que, tandis que le déversement des zones mylonitiques qui traversent le batholite s'accentue du Nord au Sud, la puissance de ces zones, leur espacement et leur degré de mylonitisation ne varient pas de façon appréciable. Autrement dit, le batholite a réagi aux contraintes *uniformément* dans toute sa masse, mais suivant des modalités progressivement différentes : glissements voisins de la verticale au Nord, tendant graduellement vers l'horizontale au fur et à mesure qu'on se dirige vers le Sud.

Dans l'état actuel des observations la cause de cette divergence n'apparaît pas clairement. L'hypothèse la plus plausible consiste à admettre l'existence, au Sud du massif granitique, à l'époque où s'exercèrent les contraintes, d'une zone tectoniquement faible que l'on peut concevoir comme une région en voie d'affaissement, de synclinalisation, permettant la formation de fractures peu inclinées, par une sorte d'appel au vide.

GÉOLOGIE. — *Les directions de la tectonique hercynienne dans le Nord de l'Aveyron.* Note de M. **Pierre Lapadu-Hargues**, présentée par M. Charles Jacob.

Au Nord du Détroit de Rodez et au Sud des massifs du Cantal et de l'Aubrac, affleure une bande de terrains cristallophylliens qui s'étend sur la partie nord du territoire du département de l'Aveyron. Entre Entraygues, à l'Ouest, et Estaingt, à l'Est, un massif granitique, le massif d'Entraygues, vient interrompre les schistes cristallins sur près de 20^{km}.

Il m'a paru intéressant de relever de façon précise le sens des pendages et les directions des bancs métamorphiques, ici en quasi-totalité des micaschistes qui apparaissent dans cette région. Indiquons immédiatement que le granite d'Entraygues, appendice sud-occidental du gros batholite de la Margeride, est, comme ce dernier, nettement posttectonique par rapport à l'édifice hercynien et que les directions axiales de cet édifice n'ont pas été troublées lors de la mise en place du massif qui les recoupe franchement; les directions se retrouvent identiques de part et d'autre du granite.

De l'examen sur le terrain, deux conclusions semblent se dégager nettement :

1. Confirmation du renversement apparent des séries métamorphiques. Celles-ci présentent en effet, dans la région de Grand-Vabre, une large voûte anticlinale, constituée par des micaschistes à muscovite et séricite, donc peu profonds au sens magmatique, fait déjà signalé depuis longtemps par M. Boule (1). Vers l'Est, donc sur le flanc oriental de cet *anticlinal*, se succèdent, avec des plongées ESE, des termes de plus en plus profonds au sens magmatique, micaschistes à deux micas, micaschistes profonds à grenats et à staurotide, enfin gneiss et même gneiss œillés passant par place à des migmatites de gneiss profonds (Saint-Chély-d'Aubrac). Cette succession avait été signalée plus complètement en 1945 (2).

2. Orientation générale des structures, ici franchement NNE-SSW. Et ceci est valable tant à l'Est (Saint Geniez-d'Olt, Espalion, Saint-Chély) que vers l'Ouest (Entraygues. Grand-Vabre, etc.)

Dans ces conditions, il me paraît difficile, au moins pour cette région, de

---

(1) *Bull. Service carte géol. de France*, **11**, 1899, p. 76.

(2) P. Lapadu-Hargues, *Comptes rendus*, **222**, 1946, p. 561.

souscrire sans réserve à l'hypothèse proposée par A. Demay dès 1932 ([3]) et plusieurs fois réaffirmée depuis lors, en particulier en 1946, par le même auteur ([4]), hypothèse selon laquelle la structure de cet ensemble du Massif Central trouverait son explication dans l'existence d'un grand arc antéstéphanien à convexité tournée vers le Sud. Il ne faut pas oublier en effet que Decazeville et toute la zone du Grand Sillon houiller sont très voisins de cette région et qu'ainsi on se trouve avoir dépassé l'axe médian du Massif Central Français. Il me paraît plus satisfaisant d'admettre une continuation d'un régime de plissement à direction générale moyenne NE-SW, rentrant ainsi plus ou moins dans le schéma tectonique proposé par E. Raguin ([5]). On pourrait encore dire, selon l'hypothèse que j'avais admise voilà deux ans que, par suite du *renversement apparent* de ses termes, la série métamorphique nord-aveyronnaise viendrait se mouler sur la série du Rouerge (Forêt des Palanges, Pont-de-Salars) ([6]). Cette dernière, avec une succession métamorphique d'apparence normale et de faciès très différent, aurait servi de butoir à une poussée venant du NW et ayant affecté la série nord-aveyronnaise.

GÉOLOGIE. — *Stratigraphie et âge du* continental intercalaire *dans le Gourara, le Touat et le Tidikelt* (*Sahara algérien*). Note de M. **Albert F. de Lapparent**, présentée par M. Charles Jacob.

C. Kilian ([1]) a désigné sous le nom de *continental intercalaire* la série argilo-gréseuse du Sahara qui, reposant en discordance sur le Primaire, est surmontée en concordance par le Crétacé supérieur marin. On n'avait pas indiqué jusqu'ici de subdivisions dans cette formation continentale pratiquement azoïque. Nous l'avons étudiée dans le Gourara, le Touat et le Tidikelt, c'est-à-dire à l'Ouest, au Sud-Ouest et au Sud du Tademaït, et nous sommes parvenu à y reconnaître quatre horizons superposés qui se révèlent suffisamment constants sur plus de 500^{km}.

A. La base comprend des argiles rouges, des grès roses et blancs, des grès rouges à stratification entrecroisée. Des dragées de quartz isolées, des lentilles de graviers, des conglomérats à bois silicifiés sont répartis un peu partout dans la masse des grès. Épaisseur très variable, 25 à 300^m.

B. Un grès très dur, déjà noté par A. Meyendorff sous le nom de *dalle quartzite*, forme un précieux repère que l'on suit de Timimoun à In Salah, déterminant des plataux ou couronnant des *gour*. Épaisseur constante, 1 à 2^m.

([3]) *Comptes rendus*, **195**, 1932, p. 804.
([4]) *Comptes rendus*, **222**, 1946 p. 119.
([5]) *Bull. Soc. Géol. France*, 4, **30**, 1930 p. 51.
([6]) P. Lapadu-Hargues, *loc. cit.*
([1]) *C. R. somm. Soc. géol. Fr.*, 1931, p. 109.

C. Au-dessus, vient un nouvel ensemble de grès à dragées, d'argiles, de grès *en pilules* (*kerboub*). Épaisseur, 40 à 100^m.

D. Enfin, le talus de la falaise du Tademaït est partout constitué par des argiles rouges ou panachées, coupées de un ou plusieurs bancs gréseux, et prenant à El Goléa un faciès plus pur d'argile à foulon ([2]). Épaisseur variant de 60 à 125^m.

Dans la région considérée, la série continentale ainsi définie se trouve encadrée entre le Viséen supérieur et même le Namurien plissés d'une part, le Cénomanien supérieur (niveau à *Neolobites Vibrayei*) d'autre part. Son âge a été discuté. Les uns tendaient à y voir un ensemble englobant peut-être du Permo-Trias, du Jurassique, du Crétacé inférieur. D'autres opinaient pour du Crétacé inférieur seul. Certains restreignaient encore en parlant de *grès albiens*.

Nous pensons qu'on doit considérer désormais les grès à dragées du Gourara, du Touat et du Tidikelt comme *un faciès continental de type wealdien, couvrant tout le Crétacé inférieur et lui seul.* Cette attribution repose sur deux considérations, l'une d'ordre paléontologique, l'autre d'ordre stratigraphique.

1. Quelques restes de Poissons et de Reptiles ont été récoltés à la partie inférieure et à divers niveaux dans les grès, mais exclusivement dans la série A. Ce sont : un Ganoïde nouveau, un Crocodile d'eau douce dont nous possédons à l'heure actuelle 15 dents et des plaques dermiques; puis de notables portions du crâne et des dents d'un Crocodile géant trouvé à Aoulef; enfin, un Dinosaurien Théropode, *Megalosaurus* (*Carcharodontosaurus*) *saharicus* Depéret, représenté par 5 grandes dents, deux vertèbres et diverses portions d'os. Depéret ([3]) a indiqué avec raison que ce Dinosaurien carnivore diffère des formes jurassiques et se rapproche au contraire des Théropodes crétacés. Depuis, le même animal a été retrouvé dans le désert d'Egypte ([4]) à la partie tout à fait supérieure des grès de Nubie, au contact immédiat du Cénomanien. On pourra donc dire que, dans notre région, le *continental intercalaire* est d'âge crétacé *dès la base*, et il faudra exclure l'idée d'y voir représentées des séries antérieures, jurassiques ou triasiques.

2. En Algérie, dans l'Atlas saharien, le Crétacé inférieur revêt le faciès des grès à dragées de quartz, non seulement dans l'Albien, mais aussi dans le Barrémien où cette formation atteint plusieurs centaines de mètres d'épaisseur. Tandis que là une intercalation marine, caractérisée par des fossiles d'âge aptien, permet des subdivisions, au Sahara on n'observe aucune coupure dans les grès à dragées qui doivent donc, par continuité, représenter au moins l'Albien, l'Aptien et le Barrémien.

On rapprochera ces remarques de la découverte de plantes caractéristiques du Néocomien dans le *continental intercalaire* du Messak ([5]), et l'on pourra penser que les grès à dragées du Sahara algérien correspondent à tout le Crétacé inférieur; la continuité de sédimentation avec le Cénomanien supérieur confirmerait l'attribution des argiles d'El Goléa au Cénomanien inférieur.

Finalement on peut se représenter de la façon suivante la paléogéographie

---

([2]) J. de Lappapent, *Bull. Carte géol. Algérie*, 5e série, n° 3, 1937.

([3]) Ch. Depéret et J. Savornin, *Bull. Soc. géol. France*, 4e série, **27**, 1927, p. 257.

([4]) E. Stromer, *Wirbeltier-Reste der Baharije-Stufe*, n° 10 (*Abhandl. d. Bayer. Akad. d. Wiss.*, n. f., 9, 1931).

([5]) C. Killian et M. Lelubre, *Comptes rendus*, **222**, 1946, p. 233.

du Sahara algérien pendant la première partie des temps crétacés. Le massif cristallin du Hoggar, flanqué des pays primaires pré-tassiliens (C. Kilian), devait former au Sud une région surélevée couverte de forêts de Gymnospermes. La terre ferme était peuplée de Dinosauriens carnivores, tandis que des fleuves et des lacs donnaient asile à de gros Poissons ganoïdes et à des Crocodiles géants. Les cours d'eau dévalant vers le Nord entraînaient, en période de crue, des cadavres de Reptiles et des troncs d'arbres déjà silicifiés, avec des graviers et des grès : cet épandage s'étalait du Tidikelt au Mzab. A l'aurore du Crétacé supérieur s'établit un régime plus tranquille, sans doute par suite d'un abaissement du Hoggar; les argiles d'El Goléa se sédimentent alors dans un lac immense. Puis, l'abaissement continuant, la mer arrive du Nord, et, dès le Cénomanien supérieur, envahit doucement le lac; elle s'avancera au delà du parallèle d'In Salah, respectant toutefois le massif du Hoggar.

GÉOLOGIE. — *Sur l'extension du faciès urgonien entre Marseille et Toulon.* Note de M. **Georges Denizot**, présentée par M. Charles Jacob.

Tandis que dans la *fosse vosontienne*, le faciès marneux à Ammonites persiste durant tout le Crétacé inférieur, au contraire à Orgon et Saint-Chamas (Bouches-du-Rhône), comme à Donzère (Drôme), le Barrémien est remplacé par un calcaire compact, dit *urgonien*, à *Requienia ammonia*; il surmonte le Cruasien marneux à *Toxaster amplus* et fossiles de la zone à *Parahoplites angulicostatus*.

Au delà du synclinal de l'Arc, dans le cadre montueux de Marseille, ce calcaire urgonien s'épaissit par sa base et remplace aussi le Cruasien [1] : l'ensemble fait 300^{m} et repose directement sur l'Hauterivien marneux à *Toxaster retusus* et *Leopoldia castellanensis*; plus bas, on y trouve *Saynella clypeiformis*. En même temps, le Valanginien supérieur prend en dessous le même faciès calcaire que l'Urgonien, avec d'autres Rudistes et Foraminifères; il est séparé du Jurassique, également calcaire en son sommet, par des marnes verdâtres ou blafardes noduleuses, très caractéristiques ici d'un Valanginien inférieur sans Céphalopodes. Il en est ainsi à Allauch, comme au Sud de l'Huveaune.

Si l'on passe vers Toulon, on trouve une autre succession. La masse calcaire d'Ollioules et du Faron, puissante de 500^{m}, montre au sommet *Requienia ammonia* (le Revest) avec des Orbitolines; à sa base, il n'y a qu'une mince assise marneuse pour la séparer du calcaire lié aux dolomies jurassiques, sans la moindre apparence d'une deuxième intercalation calcaire.

On a pris cette marne, unique ici, pour hauterivienne; et le calcaire subor-

---

(1) G. Denizot, *Massifs de Marseilleveyre et de Puget* (*Ann. Musée Marseille*, 1934).

donné pour valanginien, en faisant intervenir une tectonique difficile. Mais cette marne, visible à l'entrée des Gorges d'Ollioules, a rigoureusement le faciès vert noduleux du Valanginien, elle m'a livré le même *Cardium Voltzi* qu'autour de Marseille. C'est la marne hauterivienne qui manque; elle est ici remplacée par du calcaire compact.

De même, ce qui a été donné comme urgonien à Tourris est du calcaire valanginien (²); il en est de même plus loin, à Camps (³).

La liaison des coupes d'Allauch et d'Ollioules se fait sur leur intervalle d'une trentaine de kilomètres. Aux Lyonnaises, tout l'Hauterivien supérieur passe à du calcaire jaunâtre spathique à Térébratules; au Sud-Est d'Aubagne, on ne distingue que de l'Hauterivien inférieur, comme à l'Est de Gémenos. Autour de Cuges et à Signes, G. Corroy (⁴) a noté la réduction extrême de l'Hauterivien, indépendamment des accidents tectoniques. Enfin, à la montée du Camp, l'Hauterivien ne se reconnaît plus que par une teinte rougeâtre au sein du calcaire compact.

Ainsi l'extension du faciès calcaire urgonien, aux dépens du faciès marneux barrémien, se poursuit à partir d'Orgon vers le Sud-Est absorbant le Cruasien, puis tout l'Hauterivien et alors se soudant au faciès semblable du Valanginien. Devant Toulon, il ne subsiste plus qu'une mince marne du Valanginien inférieur, pour séparer cette masse épaissie du calcaire, lui aussi semblable, qui termine le Jurassique.

Toute cette masse calcaire, extension du faciès urgonien, se termine brusquement ici avec sa puissance maximale : cette limite apparaît originelle, et non le fait des érosions. Sur cette bordure, le calcaire se charge de menus grains de quartz détritiques, que d'ailleurs on retrouve, de plus en plus fins et de plus en plus rares, jusqu'à Marseille. Signalons qu'il en est de même sur la bordure symétrique : de tels grains incorporés, qui sont un fait originel, et non le fruit de remaniements ultérieurs, ont été déjà signalés à Alès par J. Goguel.

On a donc l'indication de récifs barrières devant les territoires hercyniens, comme le Massif des Maures : ceux-ci restaient assez plats pour ne pouvoir fournir de gros apports détritiques, pendant que se poursuivait la subsidence du bassin maritime.

PALÉONTOLOGIE. — *Paléontologie et rayons* X.
Note de M. **Jean Roger**, présentée par M. Charles Jacob.

Quelques mois après la découverte des radiations nouvelles par Rœntgen, dès 1896, Victor Lemoine en France et Bruhl en Allemagne en essayaient

(²) M^lle J. Pfender (*Bull. Soc. géol. France*, 5ᵉ série, **4**, p. 466; **8**, p. 234) avait reconnu, par leurs microfaunes, le caractère valanginien de ces calcaires.

(³) G. Denizot, *C. R. som. Soc. géol. France*, 25 mars 1946.

(⁴) *Bul. Carte géol. France*, **201**, 1939, p. 36.

l'application à la paléontologie et aux sciences naturelles en général. Ensuite des essais furent tentés dans différents pays, mais toujours sans continuité et le plus souvent sans méthode [1]. Tout l'intérêt que l'application des rayons X aux études paléontologiques peut présenter n'a pas été, de très loin, exploité.

Une installation destinée à cet usage est actuellement en fonctionnement et en cours de développement au Centre d'études et de documentation paléontologiques du Muséum d'Histoire naturelle.

L'appareil utilisé est celui qu'emploient couramment les médecins. Les caractéristiques techniques sont les suivantes. La distance foyer-film varie de 60^{cm} à $1^m,20$, ou plus, suivant la dimension des échantillons. Pour le voltage, nous le faisons varier de 20000 à 80000 volts suivant l'épaisseur et surtout suivant la nature des matériaux étudiés. L'intensité va de 1 mA à 10 mA, et le temps, de quelques secondes à 20 minutes; ces deux caractéristiques sont en relation et ne dépendent que de l'opacité d'ensemble.

Pour les objets d'épaisseur très inégale, nous avons utilisé la méthode des solutions équiopaques de sels de plomb, qui nous fut enseignée par J. J. Trillat. Par ce procédé les résultats sont fortement améliorés et nous préconisons sa généralisation. Des expériences sont également en cours pour obtenir, par imprégnation par des solutions de sels de plomb ou de fer, ou par des précipités métalliques, un plus grand nombre de résultats positifs. La pratique des microradiographies est également à conseiller, mais elle exige un matériel plus complexe, et jusqu'ici quelques essais seulement ont pu être tentés dans le Laboratoire spécialisé de J. J. Trillat du C. N. R. S. à Bellevue (S.-et-O.).

Les résultats très encourageants obtenus jusqu'ici montrent surtout le parti qu'on pourra tirer de l'utilisation méthodique des rayons X en paléontologie.

La valeur des radiographies dépend en premier lieu des gisements d'où provient le matériel. Certains, comme les schistes ardoisiers du Dévonien inférieur du Hunsrück (Bundenbach et Guemünden), fournissent d'excellents clichés pour presque tous les groupes d'animaux et particulièrement pour les Echinodermes et les Arthropodes. Un fossile de ce gisement, considéré comme très énigmatique, nous a fourni à la radiographie des éléments très utiles pour son interprétation. Cet organisme de forme triangulaire allongée (175^{mm} sur 37^{mm}), portant un renflement ovoïde à l'extrémité la plus large, était placé, suivant les auteurs, dans les Éponges, les Cœlentérés, les Holothuries, etc. La radiographie révèle l'existence d'un axe, d'allure segmentée, ce qui pose le problème sur d'autres bases. Les études en vue de l'élucider sont en cours.

Si, avec ce procédé, ce gisément a été particulièrement étudié par le docteur Lehmann de Kirn, il n'en demeure pas moins que beaucoup d'autres pourraient fournir d'aussi bons résultats, ainsi que nous avons pu nous en convaincre. Les schistes du Dévonien moyen de Wissenbach (Nassau), ceux

---

(1) Voir la bibliographie complète sur la question dans : J. Roger, *Sur l'application des rayons X aux études paléontologiques* (*Bull. Mus. nation. Hist. nat.*, **19**, n° **1**, 1947 (2), pp. 118-120; n° 2 pp. 224-229) et dans J. J. Trillat et J. Roger, *L'utilisation des rayons X en Paléontologie* (à l'impression dans la *Revue scientifique*.)

du Silurien de Saint-Sauveur-le-Vicomte (Manche), les schistes à Graptolithes du Silurien d'Oslo, ceux du Lias supérieur de la région de Stuttgart (Boll et Holzmaden), fournissent d'excellents résultats. On attribue la valeur des radiographies obtenues avec les schistes noirs à l'existence d'un très mince recouvrement de pyrite sur les restes d'organismes. Le problème en réalité est très loin d'être résolu et, avec des grès permiens à ossements de Madagascar, nous avons réussi de très bons clichés. Les calcaires semblent être beaucoup moins favorables, et c'est essentiellement pour eux que les essais d'imprégnations et de précipités métalliques ont été tentés, avec de premiers résultats encourageants.

Les clichés obtenus à l'aide des rayons X avec des plaques entières donnent une vue plus complète sur l'ensemble de la faune du gisement : l'idée d'association apparaît immédiatement; les conditions de fossilisation se voient; des organismes invisibles de l'extérieur deviennent repérables.

Il est en outre possible d'étudier des fossiles isolés et les succès obtenus dépendent beaucoup des groupes. Les végétaux fossiles n'ont à peu près pas été étudiés par cette méthode. Cependant des microradiographies sur plaques minces nous ont donné des indications sur les possibilités de la méthode. Les Foraminifères, notamment les Nummulites, fournissent des images susceptibles de remplacer les sections polies. Avec les Graptolithes, les résultats dépendent largement des conditions de fossiliation. Des Éponges siliceuses montrent les trajets des divers canaux, et les résultats sont bien meilleurs avec la méthode des solutions équiopaques. Ils seraient encore améliorés par des stéréoradiographies. La détermination de certains Bryozoaires a pu être obtenue par ce procédé, et des associations de ces organismes avec des Gastropodes sont ainsi explicables ([2]). La face ventrale des Trilobites, les charnières de Lamellibranches, les columelles de Gastropodes, les lignes de suture de Céphalopodes, tous ces caractères peuvent, très simplement, devenir visibles sur des radiographies.

Il est inutile de multiplier les exemples. Les rayons X peuvent fournir à la paléontologie une aide précieuse ne nécessitant aucune préparation laborieuse ni de grandes pertes de temps. La généralisation de cette technique peut fournir des indications plus nombreuses sur les groupes rares, des données morphologiques nouvelles sur d'autres. Il y a intérêt à ne pas négliger les techniques, surtout dans un domaine comme la Paléobiologie où les documents sont rares et fragmentaires.

([2]) E. Buge, *Solution de quelques problèmes bryozoologiques à l'aide des rayons X* (à l'impression dans le *Bull. Mus. nation. Hist. nat.*)

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE : SPÉLÉOLOGIE. — *Le gouffre de la Hennemorte, massif d'Arbas (Haute-Garonne).* Note (¹) de MM. **Félix Trombe** et **Norbert Casteret**, présentée par M. Emmanuel de Martonne.

L'orifice du gouffre de la Hennemorte s'ouvre dans les calcaires (urgo-aptiens) du lapiaz chaotique de la Coumonère, à plusieurs kilomètres à l'ouest du village d'Arbas (Haute-Garonne) et à l'altitude de 1330^m.

Depuis 1940, huit explorations, effectuées par l'un de nous (²) et ses collaborateurs, ont montré le développement vertical exceptionnel de ce réseau souterrain qui comporte une succession de grands abîmes parcourus par d'abondantes cascades. Au prix de très grandes difficultés et dans des conditions précaires et dangereuses, la profondeur de 355^m fut atteinte en 1943 (²).

En 1940 (août et décembre), *le Spéléo-Club de Paris* entreprit deux descentes d'études préparatoires à une expédition prévue pour le mois d'août 1947, avec le concours de l'Armée (5^e région militaire), de la Direction des Sports, du Club Alpin français, de la Fédération française de la Montagne et du Centre National de la Recherche Scientifique (Commission de Spéléologie). Cette expédition a comporté deux descentes d'aménagement (22 et 24 août), une attaque en profondeur (du 27 août au 2 septembre) et une descente de déséquipement et de coloration des eaux souterraines (4 septembre).

Nous donnons ici le résumé des résultats obtenus :

1° Les explorateurs (³), grâce à divers aménagements du gouffre, ont pu descendre à 250^m, puis à 355^m, pratiquement protégés des grandes chutes verticales que parcourt la rivière souterraine ($t^o = 4^o$C.) ;

2° A 250^m, un camp-relais pourvu de tentes de toiles et de planchers isolants a permis le repos des équipes de descente et leur séjour sous terre pendant une durée de 130 heures consécutives (5 j. 1/2);

3° Des liaisons téléphoniques et radiotéléphoniques ont été maintenues entre les différents relais (la surface, —85, —130, —180, —250, —400^m). Le fonctionnement des liaisons souterraines par radio a été particulièrement encourageant;

4° Le fond du gouffre, —446^m, qui se présente sous la forme d'une voûte siphonnante de petites dimensions, a été atteint. C'est la première fois, sur le

(¹) Séance du 20 octobre 1947.

(²) Norbert Casteret, *Le gouffre de la Hennemorte* (*Revue du Comminges*, 58, 1er, 2^e, 3^e, 4^e trimestres 1945, pages 33 à 46, 49 à 66).

(³) MM. P. Baylac, Abbé Cathala, N. Casteret, Dr Clamagirand, P. Clément, J. Deudon, E. Dresco, J. Ertaud, R. Gaché, M. Ichac, J. Jonquières, M. Loubens, J.-P. Maille, F. Maille, Lt. du Puy-Montbrun, F. Trombe, relayés par MM. R. Casteret, J. Delteil, Cne de la Hitte, Lt. Laguille, J. Nègre, M. d. L. de Salies, Adj. Vigoroux et une équipe de surface sous la direction de A. Chavigner.

territoire de la France continentale que l'on réussit, dans les cavités du calcaire, à descendre puis à remonter sur une telle distance verticale(4);

5° *Le débit des eaux souterraines est régularisé par les étroitures terminales du gouffre*. L'eau remonte parfois, ainsi qu'en témoignent des dépôts de limon argileux, à plus de 60^m et peut-être 90^m au-dessus des étroitures. Ainsi s'expliquent les discordances, causes d'interprétations fantaisistes, que l'on avait observées entre le débit instantané des eaux souterraines et ceux des résurgences possibles (Hount deras Hechos, Goueil-di-Her, Lac Bleu).

6° La coloration des eaux, effectuée le 4 septembre 1947 (5) à l'aide de 100^{kg} de fluorescéine soluble, s'est retrouvée 24 heures après, à la suite d'un violent orage, à la source dite *Hount deras Hechos*, origine du ruisseau de Planque, principal affluent de l'Arbas.

Un réseau hydrologique important, d'orientation Sud-Nord et d'une dénivellation totale de 600^m, est donc maintenant connu et en grande partie pénétrable entre le gouffre de la Hennemorte et la vallée de Planque. La partie amont de ce réseau s'étend probablement au sud et à l'ouest de la Hennemorte, vers le ruisseau souterrain de Coumonère (6) (altitude 1350^m) et les effondrements supérieurs du Plantillet et du Pic de Touech (altitude 1500^m).

Les résultats de l'exploration du gouffre de la Hennemorte et de la coloration de ses cascades illustrent de la plus heureuse façon et à grande échelle le mécanisme des percées hydrologiques en roche calcaire dont Martel avait, dès 1888, prévu les lois.

ANATOMIE VÉGÉTALE. — *Trachéides à ponctuations aréolées à ouvertures circulaires dans le genre* Calycanthus. Note (1) de M. **Robert Lemesle**, présentée par M. René Souèges.

La présence de trachéides a été mentionnée dans le bois secondaire des Calycanthacées; mais ces éléments n'ont pas été décrits d'une façon précise. Il nous a paru intéressant d'étudier leur nature exacte dans cette famille dont le représentant principal, le genre *Calycanthus*, se fait remarquer par les caractères fort archaïques de la fleur. Dans ce but, nous avons examiné les tiges des

(4) Rappelons que l'Anou Boussouil, dans le Massif du Djurjura (Algérie), a une profondeur de 520^m; rappelons aussi que le réseau souterrain du trou du Glaz (Isère), percée hydrologique de 658^m, comporte plusieurs orifices à flanc de montagne qui ont permis son exploration totale par expéditions successives (P. Chevalier, *Comptes rendus*, **224**, 1947, pp. 1144 et 1210).

(5) Coloration faite à 130^m par le Lieut. Auriol, N. Casteret, R. Casteret, E. Dresco, J. Delteil, F. Maille, J. P. Maille, Adj. Y. Sicchi, F. Trombe.

(6) F. Trombe, *Gouffres et cavernes du Haut-Comminges* (*Trav. scientifiques du C. A. F.*, 1943, pp. 22 et suiv.).

(1) Séance du 20 octobre 1947.

espèces suivantes : *Calycanthus occidentalis* H. et A. de Californie, *C. floridus* L., *C. lævigatus* Willd., *C. glaucus* Willd., d'Amérique boréale, *Chimonanthus fragrans* Lindl. du Japon, *Ch. nitens* Oliv. de Chine.

Dans les diverses espèces de *Calycanthus*, le bois secondaire, en anneau continu, est divisé en nombreux secteurs par des rayons médullaires uni ou bisériés; chacun de ces secteurs renferme de nombreuses fibres libriformes, puis des vaisseaux ouverts à ponctuations aréolées presque contiguës, circulaires ou elliptiques; les ouvertures de ces aréoles sont tantôt rondes, tantôt étirées dans le sens tangentiel; les faces internes de ces vaisseaux offrent la striation spiralée. Nous observons d'autre part la présence de trachéides terminées en pointe effilée, dont la longueur varie de 80 à 360$^{\mu}$ et le calibre de 18 à 25$^{\mu}$; leur contour est carré ou rectangulaire; toutes leurs faces sont munies de ponctuations aréolées circulaires très rapprochées, disposées en une seule file, parfois en deux rangées alternantes; le diamètre des aréoles atteint 8$^{\mu}$ et les *ouvertures sont rondes*. Les faces internes de ces trachéides sont pourvues de bandes spiralées très minces, lesquelles en s'entrecroissant forment un fin reticulum. Quelques-uns de ces éléments se font remarquer par l'absence de perforations; mais, le plus souvent, ils communiquent entre eux par des perforations simples, de forme oblongue, situées ordinairement au voisinage des extrémités.

Le xylème des deux espèces de *Chimonanthus* examinées renferme les mêmes constituants; cependant quelques différences sont à signaler, principalement en ce qui concerne les trachéides. Leur contour est quadrangulaire ou pentagonal; leurs épaississements spiralés internes sont plus saillants et les tours de spires plus espacés; mais surtout les ponctuations aréolées se distinguent par leurs *fentes obliques et croisées* qui atteignent environ la moitié du diamètre de l'aréole. Ici encore on observe la coexistence de *trachéides vraies* et de *trachéides ouvertes*, ces dernières plus fréquentes.

Ces recherches nous permettent de mettre en évidence, dans le *Calycanthus*, une particularité fort rare chez les Angiospermes hétéroxylées : la présence, dans le xylème, de trachéides à ponctuations aréolées à *ouvertures circulaires* semblables à celles des Coniférales. Ce caractère, joint à la striation spiralée de la face interne, nous amène à établir une analogie avec les Taxées. Or, les aréoles à ouvertures rondes constituent le type le plus archaïque; des ponctuations analogues ont été décrites par Krausel([2]) dans le plus ancien fossile vasculaire connu : *Archæoxylon Krasseri* Krausel, découvert par Krasser près de Prague, dans une couche bitumineuse précambrienne. Ce type est donc plus primitif que les ponctuations aréolées à ouvertures obliques et croisées, fréquentes chez les Cycadales et les Bennettitales qui n'ont fait leur apparition qu'au Permien. A ce point de vue, le *Calycanthus* se distingue du *Chimonanthus* dont les trachéides réalisent le type cycadéen par les ouvertures obliques et croisées des aréoles.

Si l'on examine la fleur, on constate une différence importante entre les deux genres : le *Calycanthus* se fait remarquer par le nombre indéfini des étamines fertiles et des staminodes. Chez le *Chimonanthus*, l'androcée se réduit à

([2]) *Archæoxylon Krasseri, ein Pflanzenrest aus dem böhmischen Präkambrium.* (*Naturwiss. Zeits. Lotos*, 72, 1924, p. 32.)

5 étamines fertiles et à 5-8 staminodes, caractère plus évolué. Les particularités des trachéides se joignent ainsi aux données de la morphologie florale pour révéler, chez le *Calycanthus*, un degré d'archaïsme plus accentué que chez le *Chimonanthus*.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur la printanisation des végétaux cultivés et indigènes*. Note de MM. **Roger David** et **Jean Sechet**, présentée par M. Henri Devaux.

La technique de la printanisation, qui apparaît comme un moyen commode pour rechercher l'utilité de certains facteurs externes, comme la température, pour le développement des végétaux, a permis à l'un de nous d'obtenir par l'action du froid, des modifications souvent importantes du développement : des céréales d'hiver semées au printemps ont réussi à fructifier, tandis que les témoins non traités restent acaules et stériles. Pour d'autres espèces que l'on sème normalement au printemps, le traitement se traduit seulement par une avance à la floraison par rapport aux témoins non traités.

Tout en essayant de préciser par des méthodes cytologiques et chimiques (¹) le déterminisme de ces manifestations, nous avons voulu rechercher pour d'autres espèces encore, indigènes et cultivées, dans quelle mesure l'action des basses températures sur les semences en germination influence leur développement ultérieur. La technique employée était celle utilisée dans nos recherches précédentes (²). Nous avons obtenu les résultats suivants :

Thlaspi arvense : traitement, + 2°C. pendant 32 jours; semis le 21 mars 1947. Vitesse de croissance de la tige d'abord beaucoup plus grande chez les sujets traités que chez les témoins jusqu'à la floraison. Puis, accroissement de la tige plus rapide chez les témoins. Taille définitive des plantes non traitées sensiblement la même que celle des sujets printanisés. Avance à la floraison de 17 jours et avance à la fructification d'une dizaine de jours.

Jusquiame (*Hyoscyamus niger*) : traitement : + 2° C. pendant 46 jours; semis le 16 avril 1947. Croissance d'abord accélérée par rapport aux témoins, puis retardée. Taille définitive des plantes adultes sensiblement la même dans les deux cas. Avance à la floraison de 8 *jours* environ chez les sujets traités.

Delphinium Ajacis : traitement : + 2° C. pendant 46 jours. Semis le 16 avril 1947. Vitesse de croissance de la tige d'abord plus faible chez les témoins que chez les plantes printanisées, ensuite plus grande (deux mois après le semis). Plantes adultes témoins n'atteignant jamais la taille des plantes printanisées. Floraison : 10 *jours* plus tôt chez les plantes printanisées que chez les témoins.

(¹) *Comptes rendus*, **124**, 1947, p. 146; *C. R. de la Soc. Biol.*, **139**, 1945, p. 229; **139**, 1945, p. 560; **139**, 1945, p. 643; **141**, 1947, p. 459.

(²) *Comptes rendus*, **219**, 1944, p. 628 et **220**, 1945, p. 118.

Pois chiche (*Cicer arietinum*, variété à graine noire); traitement : $+2^\circ$C. pendant 36 jours; semis le 21 mars 1947. Taille des plantes traitées : d'abord légèrement supérieure jusqu'à la floraison à celle des témoins, puis inférieure. Apparition des boutons floraux : 4 à 5 jours plus tôt chez les plantes printanisées que chez les témoins. Dessiccation également plus précoce. Diminution du rendement de 15 % environ, mais poids moyen des graines des sujets traités légèrement supérieur (7 %) à celui des témoins.

Cameline (*Camelina sativa*); traitement : 33 jours à $+2^\circ$C.; semis le 21 mars 1947. Croissance des plantes sensiblement la même que celle des témoins jusqu'à la floraison qui se produit 4 à 5 jours plus tôt chez les plantes traitées. Fructification également plus précoce limitant l'accroissement de la tige. Plantes adultes printanisées ayant une taille définitive inférieure à celle des témoins (55^{cm} au lieu de 80^{cm}).

Épinard : traitement $+2^\circ$C. pendant 31 jours, semis le 21 mars 1947. Croissance des feuilles plus rapide chez les plantes printanisées que chez les témoins. Surface foliaire de ces derniers toujours inférieure pendant le premier mois de végétation à celle des plantes traitées. Montée et floraison plus précoces que chez les témoins.

En résumé, chez les espèces dont la tige s'allonge progressivement (Pois chiche, Cameline), la vitesse de croissance des sujets traités d'abord plus grande que celle des témoins devient ensuite plus faible, si bien que la taille définitive de ces derniers est toujours sensiblement supérieure à celle des plantes printanisées. La différence de taille, plus accentuée dans le cas de la Cameline que dans celui du Pois chiche, provient du fait que chez la Cameline les rameaux ne s'accroissent jamais beaucoup par rapport à la tige principale tandis que chez le Pois chiche, plusieurs rameaux prennent naissance vers la base de la tige principale et s'allongent presque autant que cette dernière. Parmi les autres espèces étudiées, celles qui présentent le phénomène de la montée (Thlaspi, Jusquiame) ont une taille définitive qui est à peu près la même dans les deux cas (sujets traités et témoins), mais pour le *Delphinium*, les témoins n'atteignent jamais la taille des plantes printanisées. Ces résultats confirment ceux obtenus précédemment par l'un de nous [1] avec divers végétaux cultivés. De plus, parmi les espèces étudiées, cette fois, nous avons noté pour deux d'entre elles (*Thlaspi*, *Delphinium*) une grande précocité de floraison analogue à celle déjà obtenue par l'un de nous avec la Laitue et le Radis [2]. Notons, en outre, que ce sont les espèces qui ne montent pas (Pois chiche, Cameline) et dont les plantes printanisées ont une taille définitive inférieure à celle des témoins, qui accusent la plus petite avance à la floraison. Remarquons enfin que les semis des diverses espèces n'ont pas pu être effectués à la même époque; il se pourrait que la longueur du jour ait une influence sur le développement de certaines d'entre elles. De nouvelles expériences où l'on opérerait avec des photopériodes constantes pourraient permettre de contrôler

l'hypothèse de Lysenko (infirmée d'ailleurs par Grégory et Purvis) selon laquelle les plantes passent pendant leur développement par des phases obligatoirement *consécutives*.

ALGOLOGIE. — *Sur la cytologie et la position systématique de* Dichotomosiphon tuberosus (*A. Br.*) *Ernst.* Note (1) de MM. **Marius Chadefaud** et **Henri Rossat**, présentée par M. Roger Heim.

La rarissime Algue verte d'eau douce *Dichotomosiphon tuberosus*, à thalle filamenteux siphoné et ramifié, et à reproduction sexuelle oogame, avait été d'abord rangée parmi les Vauchéries (*Vaucheria tuberosa* A. Br.). Elle en a été séparée par Ernst (1902) qui serait plutôt d'avis de la rapprocher des Caulerpes et de leurs alliées, et qui a créé pour elle le genre *Dichotomosiphon*, en se basant notamment sur le fait qu'elle possède des *grains d'amidon*. C'est aussi près des Caulerpes que la range Mirande (1913), après avoir constaté que, comme celles-ci, elle possède des *parois callosiques*. Toutefois, l'opinion de ces deux auteurs n'a pas été universellement admise, et c'est toujours parmi les Vauchériacées que cette espèce figure dans les traités classiques de Oltmanns (1922), Pierre Dangeard (1933) et Fritsch (1934), de sorte que sa position systématique continue à constituer un problème non résolu.

Or, on dispose d'un critère cytologique précis pour savoir si, oui ou non, elle doit être rapprochée des Caulerpales, depuis que l'un de nous a fait connaître (M. Chadefaud, 1936) que celles-ci présentent un caractère extrêmement remarquable, celui d'être *hétéroplastidiées*, c'est-à-dire de posséder, mélangés dans toutes les parties de leur thalle, à la fois des chloroplastes, amylogènes ou non, et des leucoplastes, générateurs de grains d'amidon.

Ayant pu nous procurer, en provenance de la station classique de Bagnères-de-Bigorre, des *Dichotomosiphon* encore vivants, nous leur avons appliqué ce critère, et nous avons pu constater, comme d'ailleurs les figures de Ernst (mais non son texte, qui est fautif) permettaient de le soupçonner, qu'il s'agit bien d'une espèce *hétéroplastidiée*, à la façon des Caulerpales et des formes voisines. On le constate aisément en examinant des filaments, soit vivants, soit traités par la solution iodo-iodurée. Selon les filaments étudiés, les chloroplastes sont, soit allongés, d'un vert intense, et alors généralement non amylifères (*fig.* 1), soit discoïdes et plus pâles, avec, dans leur intérieur, un ou deux petits grains d'amidon (*fig.* 2). Dans tous les filaments, il y a en outre des leucoplastes, bien plus petits que les chloroplastes, dans lesquels se forment des grains d'amidon. D'abord très petits, ceux-ci grossissent, et arrivent à devenir aussi gros que les chloroplastes, entre lesquels un examen rapide ferait croire qu'ils sont libres dans le cytoplasme (*fig.* 1 et 2). En outre, on observe sans diffi-

(1) Séance du 20 octobre 1947.

culté de nombreuses mitochondries granuleuses (*fig.* 1 et 2), et les colorations vitales révèlent qu'une partie de l'appareil vacuolaire est logée dans le cyto-

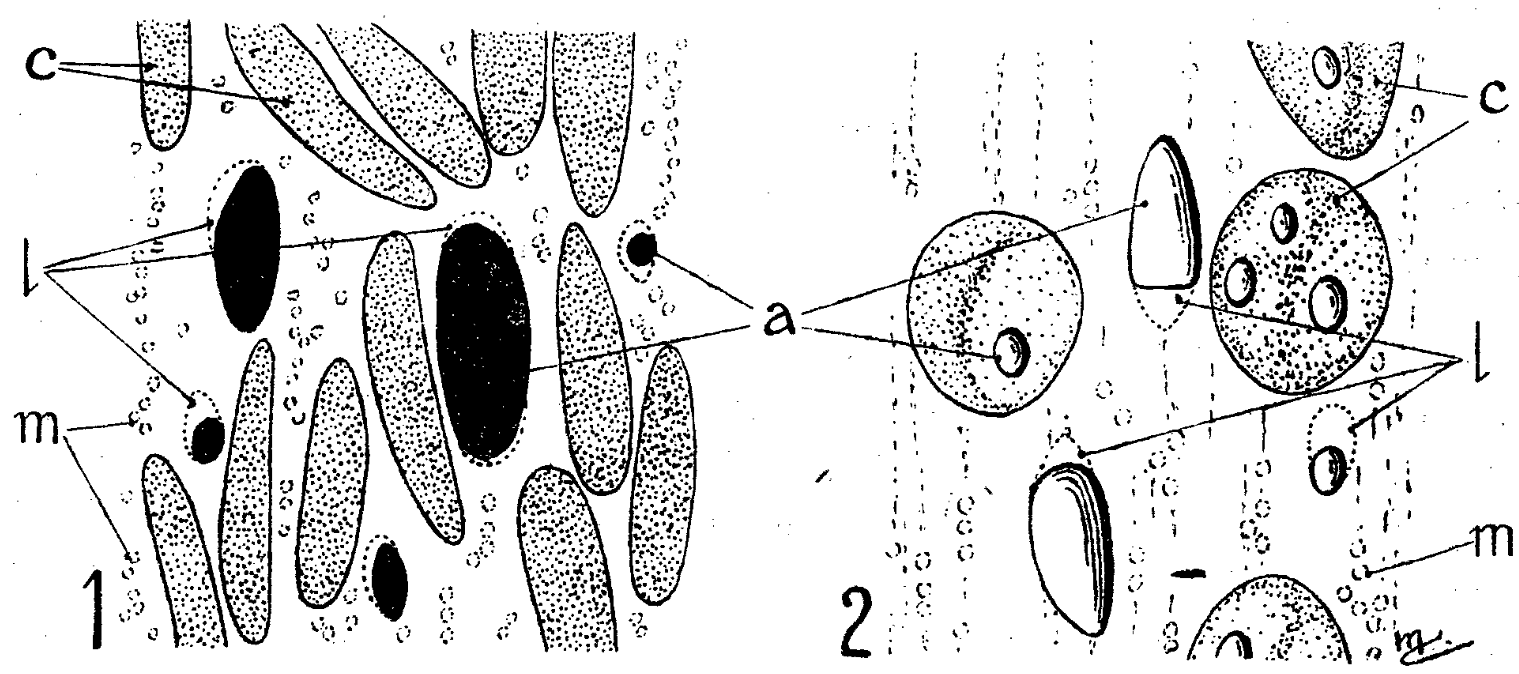


Fig. 1 et 2. — Chloroplastes (*c*), leucoplastes (*b*), amidon (*a*) et mitochondries (*m*) de *Dichotomosiphon tuberosus*, observés après coloration à l'iode en 1, et sur le vivant en 2.

plasme pariétal, un peu comme chez les Cladophores, selon P. Dangeard (1930).

Ces observations nous paraissent apporter une solution définitive au problème de la position systématique du *Dichotomosiphon* : il s'agit bien, non pas d'une Vauchériale, mais d'une *Caulerpale vauchérioïde*.

ANTHROPOLOGIE. — *L'Homme fossile Tayacien de la grotte de Fontéchevade.* Note de M[lle] **Germaine Henri-Martin**, présentée par M. Louis Fage.

Il a été mis à jour le 16 août dernier dans la grotte de Fontéchevade, commune de Montbron (Charente), une calotte crânienne humaine fossile, provenant d'un niveau du paléolithique inférieur.

La grotte de Fontéchevade, située à flanc de côteau dans une petite vallée tributaire de la Tardoire, a été fouillée anciennement par différents préhistoriens qui y recueillirent des industries allant du Moustérien au Magdalénien; ils se trouvèrent arrêtés dans leurs recherches par un plancher stalagmitique.

Le talus de la grotte était resté intact et j'entrepris des recherches dans ce talus. Une couche archéologique, ignorée jusqu'alors, est apparue. Elle se trouvait dans une terre rouge argilo-sableuse, recouverte par un épais plancher stalagmitique, et j'ai pu me rendre compte en poursuivant mes travaux que cette couche existait dans la grotte sous les niveaux mentionnés plus haut, dont elle était séparée par ce même plancher stalagmitique. Ce niveau est caractérisé par une faune tempérée chaude, comprenant notamment les espèces suivantes : *Rhinoceros merckii*, *Dama* sp., *Cuon*, *Testudo græca*, etc, et une industrie très grossière à éclats. Cette industrie, examinée par M. l'Abbé Breuil, a été

reconnue semblable à celle des plus bas niveaux de la Micoque, et dénommée par lui *Tayacien*.

La couche tayacienne de Fontéchevade présente une épaisseur visible maxima de sept mètres. Les pièces recueillies dans cette couche se trouvent principalement dans des poches où les ossements et les silex sont associés. C'est dans ces conditions, à $2^m,60$ de la surface du sol et à $0^m,70$ au-dessous du plancher stalagmitique, que j'ai trouvé la calotte crânienne humaine. Dans la poche où elle était, j'ai recueilli entre autres une phalange de Daim, des fragments d'os longs indéterminables, une dent d'hyène, de la petite faune et une quinzaine de silex tayaciens; à proximité, et au même niveau, une autre poche contenait une dent de *Rhinoceros merckii*.

Au moment de la découverte, la calotte crânienne était assez fragile; actuellement, dégagée de sa gangue, extérieure elle s'est consolidée, ce qui a permis un premier examen. Les parties suivantes sont en connexion anatomique: une portion importante du frontal, les deux pariétaux, une portion du temporal gauche. Parmi les fragments détachés se trouve probablement une partie de l'occipital. Malheureusement l'arcade sourcilière manque, mais son absence est en partie compensée par le fragment d'un second crâne, trouvé à une distance d'à peu près trois mètres dans le même horizon. Ce fragment comporte la glabelle et une petite portion de l'orbite gauche.

On ne peut, avant qu'une étude approfondie en ait été faite, formuler une opinion au sujet du type humain trouvé dans le Tayacien de Fontéchevade, mais on doit noter que les parties frontales n'offrent aucune indication laissant supposer l'existence d'une visière massive, telle qu'on la retrouve chez l'Homme de Néanderthal. Par contre, à la suite des premières observations, il semblerait permis d'émettre une hypothèse d'après laquelle on pourrait rapprocher la calotte crânienne de Fontéchevade de celle de l'*Homo sapiens*.

ZOOLOGIE. — *Sur la structure des organes génitaux accessoires femelles de la Blatte,* Blatta orientalis *L.* Note (1) de M. **André Voy**, présentée par M. Maurice Caullery.

En dépit d'assez nombreux travaux (2), il règne encore, au sujet de l'anatomie des organes génitaux accessoires de la Blatte femelle, une certaine confusion, encore aggravée par des différences de terminologie entre les auteurs. Ces organes, très petits, n'atteignent leur plein développement que chez des imagos ayant subi depuis longtemps leur dernière mue. De plus, ils sont complètement masqués par un tissu adipeux très abondant, de même couleur qu'eux, qui les enrobe. Enfin, leur étude ne doit être séparée, ni de celle de

(1) Séance du 20 octobre 1947.

(2) Le dernier en date est celui de L. Chopard, *Thèse Fac. des Sc. Paris*, 1920.

l'oviducte, ni de celle de l'oviscapte. J'ai utilisé une technique personnelle pour la coloration des fines membranes de chitine et j'ai confronté les résultats de l'étude anatomique avec ceux fournis par la méthode des coupes en série à la paraffine.

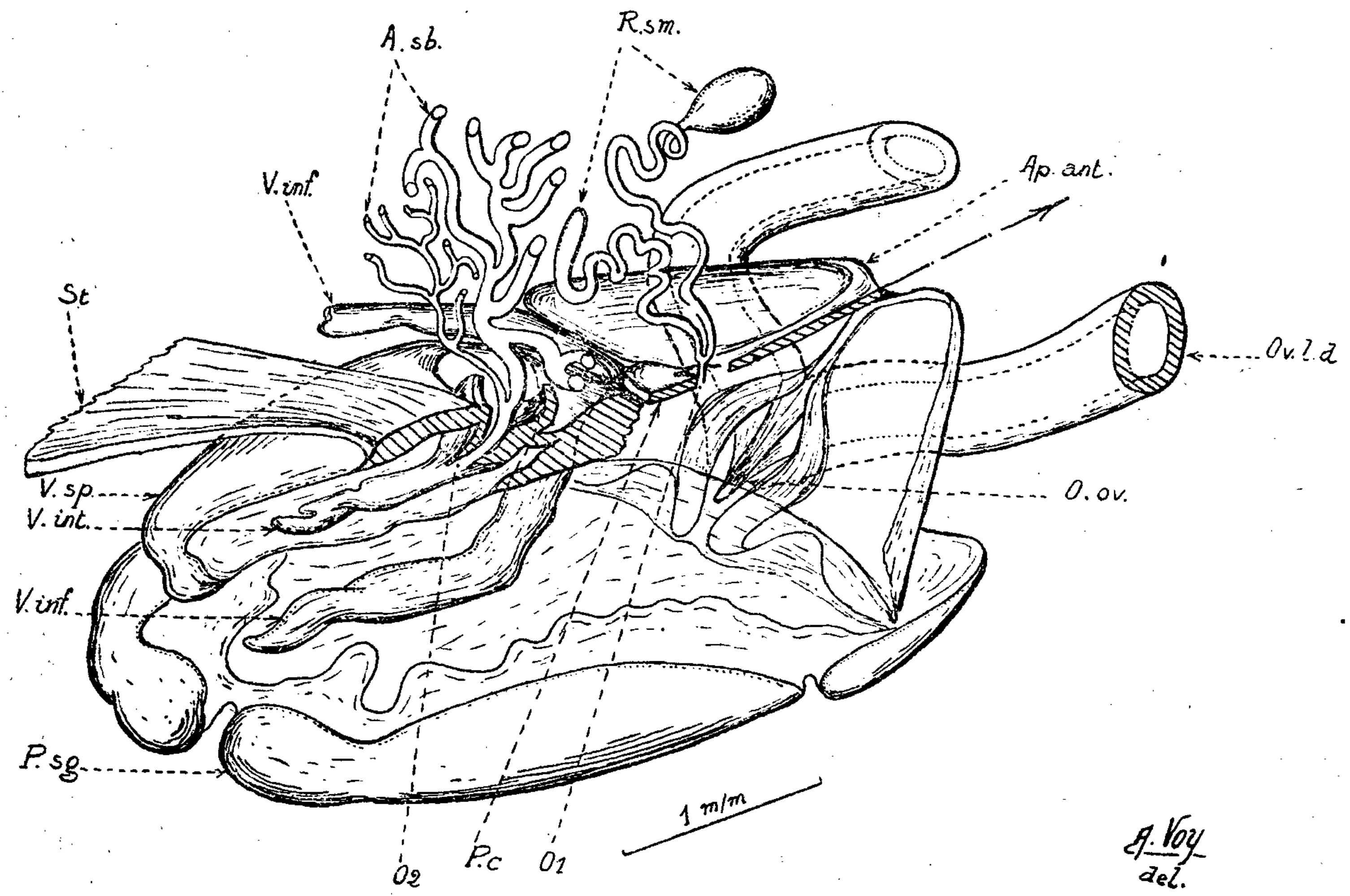


Schéma de la poche copulatrice et des organes accessoires de la Blatte femelle. La moitié droite de l'oviscapte est supposée enlevée.

O. v. l. d., oviducte latéral droit; *O. ov.*, orifice des aviductes dans la poche copulatrice; *V. inf.*, valve inférieure gauche; *Ap. ant.*, apophyse antérieure de la valve inférieure; *P. c.*, pièce en croissant; *V. sp.*, valve supérieure gauche; *V. int.*, valve interne gauche; *St.*, membrane du 7ᵉ sternite; *R. sm.*, réceptacle séminal; O_1, son orifice dans la poche copulatrice; *A. sb.*, appareil sébifique; O_2, son orifice; *P. s. g.*, valvule droite de la plaque sous-génitale (8ᵉ sternite).

J'envisagerai successivement : 1° la poche copulatrice, vestibule génital recevant les organes mâles; 2° le réceptacle séminal, réservoir où est emmagasiné le sperme; 3° l'appareil sébifique, glande sécrétant la substance de l'oothèque.

1° *Poche copulatrice.* — La poche copulatrice, dont la paroi est constituée par un épithélium cubique présentant de nombreux canalicules intracellulaires de 1 μ de diamètre, a son plafond formé d'avant en arrière :

a. par la lame supérieure des apophyses antérieures des valves inférieures de l'oviscapte ou *pièce trapézoïdale* de Peytoureau [3];

b. par les bases des valves intérieures de l'oviscapte, unies par l'intermédiaire de la *pièce en croissant* de Miall et Denny [4], dans laquelle s'ouvre le canal séminal;

---

[3] *Thèse Fac. des Sc. Paris*, 1895.

[4] London, 1886.

c. par les bases des valves supérieures et internes, dont les bords internes et antéro-supérieurs unis forment une sorte de *bague* (Peytoureau), dans laquelle les deux troncs collecteurs des glandes sébifiques s'engagent avant de se fusionner;

d. une membrane issue du septième sternite abdominal.

Le plancher de la poche copulatrice est constitué :

a. en avant, par la lame inférieure des apophyses antérieures des valves inférieures de l'oviscapte, qui, en s'invaginant sur la ligne médiane, forme l'orifice où débouchent simultanément les deux oviductes latéraux (il n'y a pas, chez la Blatte, de véritable oviducte médian, les oviductes latéraux s'accolant sans fusionner leurs épithéliums);

b. en arrière, par une membrane dépendant du huitième sternite abdominal.

2° *Réceptacle séminal.* — Il est formé de deux canaux pelotonnés qui, déroulés, ont une longueur ne dépassant pas 2^{mm}. Le canal droit, plus volumineux que le gauche, est renflé en réservoir à son extrémité distale. Les deux tubes se réunissent en un tronc médian très court, qui débouche dans le plafond de la poche copulatrice, à la partie médiane antérieure de la *pièce en croissant*, 300^{μ} en arrière de l'orifice des oviductes. Leur structure histologique comporte, notamment, une épaisse couche musculaire et une zone cellulaire présentant de nombreux canalicules intracellulaires de $1^{\mu},5$ de diamètre et de longueur atteignant 120^{μ}.

3° *Appareil sébifique.* — Il est formé de deux canaux, droit et gauche, ramifiés en arbuscules et réunis en un court tronc commun, qui s'ouvre 1^{mm} en arrière du canal séminal, dans l'angle interne des valves internes de l'oviscapte. Le tube droit est beaucoup plus développé que le gauche.

Ainsi, l'étude précise de la Blatte permet d'affirmer, d'une part, les relations anatomiques du réceptacle séminal avec les valves inférieures, d'autre part, celles de l'appareil sébifique avec les valves internes de l'oviscapte. L'étude de nombreuses autres espèces d'Orthoptères appartenant à diverses familles m'a montré que les mêmes relations se retrouvent de façon constante dans cet ordre d'Insectes.

MICROBIOLOGIE. — *Effets virulicides de la streptomycine dans l'infection récurrentielle de la Souris* (Spirochæta duttoni). *Comparaison avec la pénicilline.* Note (1) de MM. **Constantin Levaditi** et **Aron Vaisman**, présentée par M. Gaston Ramon.

Heilman (2) a montré que la streptomycine exerce des effets préventifs incontestables chez les Souris contaminées avec la *Borrelia novyi*. Nous nous sommes

(1) Séance du 20 octobre 1947.

(2) *Proceed. Staf Meet. Mayo. Clinic*, 20, 1945, p. 169.

servis du *Spirochæta duttoni* pour entreprendre des essais analogues, appelés à résoudre les problèmes suivants :

1° *Effets préventifs*. — Des souris sont infectées par injection intrapéritonéale de sang riche en spirilles. Traitement préventif par 5000 U de streptomycine (voie sous-cutanée) quotidiennement et pendant 6 jours (au total, 30000 U). Absence de parasite dans le sang au cours de 20 jours d'observation, alors que la spirillose sanguine, chez les sujets témoins non traités, est manifeste dès le lendemain de la contamination. Donc, effet préventif total.

2° *Infectiosité du cerveau des souris traitées préventivement*. — Les encéphales des sujets ayant servi à l'essai précédent sont éprouvés du point de vue de leur potentiel infectieux, par inoculation dans la cavité péritonéale de souris neuves. Ces encéphales se révèlent stériles. Cet essai montre que la streptomycine prévient l'infectiosité du *névraxe*.

3° *Effets stérilisants de la streptomycine sur le virus récurrentiel résiduel inclus dans le cerveau des souris à la période chronique de la maladie*. Nous avons montré (³) que la pénicilline, administrée sous la peau, n'agit pas sur le virus récurrentiel résiduel présent dans l'encéphale. En est-il de même pour la streptomycine ? L'antibiotique a été administré soit par voie sous-cutanée, soit par voie transcrânienne.

a. Voie sous-cutanée. Expérience I. Des souris contaminées depuis 94 jours sont traitées par un total de 30000 U; d'autres sujets servent de témoins. Sacrifiés le 8ᵉ jour, leurs cerveaux sont inoculés à des souris neuves. Alors que les encéphales de ces témoins se révèlent virulents, ceux de certains animaux traités sont stériles.

Expérience II. Même dispositif. Souris contaminées depuis 58 jours, les unes traitées avec la même dose de streptomycine, les autres témoins. Effet stérilisant manifeste.

Ces données prouvent que l'antibiotique, administré par voie sous-cutanée, stérilise le cerveau dans une proportion variant de 62 *à* 78 % *des cas*.

b. Voie intracérébrale. — Des souris infectées depuis 103 jours sont traitées par des injections transcrâniennes de 160 U quotidiennement pendant 12 jours (au total 1920 U), d'autres servent de témoins. Les passages de cerveau, effectués quinze jours après le début de la cure, mettent en évidence la stérilité du névraxe, virulent chez les non traités.

Conclusion. — 1° Pareille en cela à la pénicilline, la streptomycine provoque, chez les souris infectées avec la *Spirochæta duttoni* (au moment même où le traitement débute) la stérilisation à la fois du sang et de l'encéphale;

2° Contrairement à ce qui a lieu avec la pénicilline (laquelle, tout en exerçant un effet virulicide sur les spirilles sanguins, est inactive vis-à-vis du

---

(³) *Bull. Acad. Méd.*, **129**, 1945, p. 550; *Comptes rendus*, **222**, 1946, p. 698; *C. R., Soc. Biol.*, **139**, 1945, p. 478; *ibid*, **140**, 1946, p. 29.

virus névraxique résiduel), la streptomycine stérilise ce virus partiellement, si elle est administrée par voie sous-cutanée, totalement si on l'injecte par voie transcrânienne.

Deux hypothèses peuvent être formulées à ce sujet : soit que la pénétration de la streptomycine dans le névraxe est plus facile, donc plus intense que celle de la pénicilline, soit que le virus cérébral résiduel est plus résistant à la pénicilline qu'il ne l'est à l'égard de la streptomycine. Des travaux en cours permettront de faire un choix entre ces deux hypothèses.

IMMUNOLOGIE. — *Vaccination des Cobayes contre la fièvre aphteuse.* Note (1) de M. **Paul Durand** et Mlle **Georgette Cordier**, présentée par M. Gaston Ramon.

En même temps que nous traitions par divers vaccins aphteux les deux premières séries de bovins dont il est question dans une Note précédente (2), nous inoculions des séries de cobayes adultes avec les mêmes préparations. Bien que les doses utilisées pour les cobayes (1/30 de celles des bovins de plus de 200^{kg}) aient été relativement très élevées, aucun d'eux ne présenta d'aphtes d'origine vaccinale.

La première série comprenait au départ six animaux qui ont subi des prises de sang échelonnées pour rechercher la présence d'anticorps protecteurs. Le tableau ci-dessous indique le résultat de ces épreuves. Le nombre de centimètres cubes correspond au volume du mélange de sérums d'un même groupe injecté sous la peau des cobayes servant au titrage; le numérateur de la fraction entre parenthèses qui suit indique le nombre de cobayes protégés contre la généralisation; le dénominateur, le nombre de cobayes ayant reçu la dose de sérum en question.

Vaccin utilisé.	Nombre de jours après la vaccination. 7 jours.	15 jours.	25 jours.	37 jours.
Waldmann	4^{cm^3} (2/2)	2^{cm^3} (1/1)	2^{cm^3} (1/2)	2^{cm^3} (2/2)
	2 (0/2)	1 (0/1)	—	1 (0/1)
Diéthyl	2 (2/2)	1 (2/2)	1 (1/2)	2 (0/2)
	1 (1/2)	—	0,5 (1/2)	—
» -carbone	1 (2/2)	1 (2/2)	2 (2/2)	2 (2/2)
	—	—	1 (1/2)	1 (1/2)
	—	—	0,5 (1/2)	—
» -lanoline	2 (2/2)	1 (2/2)	1 (2/2)	1 (1/1)
	1 (1/2)	—	0,5 (1/2)	0,5 (2/2)
	—	—	—	0,25 (0/2)

42 jours après leur vaccination les survivants étaient éprouvés par 25 à 30 piqûres d'aiguilles faites à travers une goutte de virus au 1/100 déposée sur le coussinet plantaire postérieur droit.

3 témoins ont fait une généralisation aphteuse en moins de 3 jours. Des 5 cobayes Waldmann restants, 3 ont fait un aphte primaire relativement étendu, sans généralisation,

(1) Séance du 20 octobre 1947.

(2) *Comptes rendus*, **225**, 1947, p. 707.

et 2 une infection généralisée. Les 3 survivants des traités au vaccin D n'ont fait que des lésions locales assez peu étendues. Des 6 vaccinés au diéthyl carbone, trois montrèrent une lésion locale minime et les 3 autres restèrent totalement indemnes; enfin des 5 survivants traités au vaccin DL, l'un fit une généralisation tardive, un autre un aphte local, punctiforme, 3 ne réagirent pas du tout.

La seconde série de cobayes comprenait, à l'origine, 7 lots d'une quinzaine d'animaux chacun, tous vaccinés le même jour, chaque lot avec un vaccin donné.

A des dates diverses, 3 cobayes de chaque lot ont été éprouvés. La recherche des anticorps protecteurs n'a pu être faite de façon valable qu'avec les sérums prélevés le 63[e] jour sur les cobayes survivants à cette date et qui ont été éprouvés seulement le 91[e] jour. Seuls ont manifesté dans leur sérum la présence d'anticorps, les lots correspondant aux vaccins FC et DC : 2^{cm^3} (2/2), 1^{cm^3} (1/2) et au vaccin DL 2^{cm^3} (2/2), 1^{cm^3} (2/2). Le sérum des cobayes D a donné la réaction paradoxale 2^{cm^3} (0/2), 1^{cm^3} (1/2) dont on ne peut tenir compte.

Dans le second tableau ci-dessous sont notés les résultats des épreuves virulentes, les symboles (O) signifiant l'absence totale de réaction, P l'apparition d'un aphte primaire sans généralisation ultérieure, et *g* une infection aphteuse généralisée. Le tableau comporte un rangement des vaccins d'après le pourcentage des animaux à immunité suffisante, admettant comme immunisés l'ensemble des (O) et des P.

Ancienneté des vaccinations.	Vaccins utilisés. FC.	DL.	WS.	D.	DC.	FL.	WD.
18 jours	1 P 2 *g*	2 P 1 *g*	1 P 2 *g*	3 *g*	3 *g*	1 P 2 *g*	3 *g*
31 »	2 (o) 1 P	2 (o) 1 *g*	1 (o) 2 *g*	2 (o) 1 P	3 (o)	3 *g*	1 P 2 *g*
45 »	2 (o) 1 *g*	1 (o) 2 *g*	3 (o)	1 (o) 1 P 1 *g*	1 (o) 1 *g*	1 (o) 2 *g*	3 *g*
91 »	1 (o) 3 P 1 *g*	2 (o) 1 P	2 (o) 1 P 2 *g*	1 (o) 3 *g*	1 (o) 2 *g*	2 (o) 4 *g*	4 *g*
Total des réactions	5 (o) 5 P 4 *g*	5 (o) 3 P 4 *g*	6 (o) 2 P 6 *g*	4 (o) 2 P 7 *g*	5 (o) 6 *g*	3 (o) 1 P 11 *g*	1 P 12 *g*
Pourcentage des généralisations	28,6	33,3	43	53,8	58,3	73,3	92,3

De l'examen des résultats de nos deux séries d'essais de vaccination de cobayes, l'on peut admettre un parallélisme assez net dans chaque série entre la résistance à l'épreuve virulente et la présence d'anticorps protecteurs dans le sérum. D'autre part, si le Cobaye semble réagir favorablement au vaccin DL par exemple, il répond nettement moins bien que l'espèce bovine aux vaccins aluminés. Il serait donc peu sage de recourir à l'expérimentation sur ce rongeur pour essayer de prévoir le comportement des bovins dans des conditions analogues.

La séance est levée à 15[h]50[m].

L. B.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 3 NOVEMBRE 1947.

PRÉSIDENCE DE M. Louis BLARINGHEM.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à M. **Walter F. Swingle**, Professeur de botanique tropicale à l'Université de Miami.

THÉORIE DES ENSEMBLES. — *Sur les développements unitaires normaux.* Note [1] de M. **Émile Borel.**

J'appelle développement unitaire normal une série de la forme

$$\alpha = \frac{1}{a_1} + \frac{1}{a_1 a_2} + \frac{1}{a_1 a_2 a_3} + \ldots + \frac{1}{a_1 a_2 \ldots a_n} + \ldots,$$

dans laquelle les a_n sont des entiers vérifiant les inégalités :

$$a_1 \geqq 2, \qquad a_n \geqq a_{n-1}.$$

Théorème. — *Tout nombre* α *compris entre* 0 *et* 1 *admet un développement unitaire normal et un seul.*

Si le nombre α est *choisi au hasard,* l'ordre de grandeur de a_n est comparable à e^n.

Je publierai ailleurs la démonstration (très élémentaire) et quelques conséquences de ce théorème.

TOPOLOGIE. — *Définition intrinsèque, non pas ordinale, de l'arc et de la dendrite.* Note de M. **Arnaud Denjoy.**

D'un certain point de vue il est intéressant de donner pour l'arc simple et la dendrite une définition :

1° *intrinsèque,* c'est-à-dire ne faisant aucunement appel à la notion d'un espace englobant l'ensemble ou espace E à définir;

2° *pas ordinale,* donc non paramétrique;

---

[1] Séance du 20 octobre 1947.

3° fondée sur les caractères présentés par E relativement à ses *points* considérés *individuellement*.

Les définitions utilisées jusqu'ici et satisfaisant à la première condition manquent en général à l'une des deux dernières.

De la plus simple à la plus complexe de ses formes topologiques, la dendrite, dont la notion est due à M. T. Wazewski, se présente progressivement ainsi : 1° une famille dénombrable φ de rayons rectilignes ayant une origine commune ω et de longueur tendant vers zéro quand on les énumère ; 2° un segment de droite s et un ensemble dénombrable de familles φ_n de rayons issus de points ω_n partout denses sur s ; 3° sur chaque rayon du dernier ensemble l'opération précédente étant recommencée, puis indéfiniment répétée, on termine en fermant l'ensemble obtenu. On doit régler les longueurs et les orientations des rayons successifs de façon que l'ensemble total ne contienne pas de courbe fermée.

Tout d'abord, et avec M. Wazewski, la dendrite a été considérée du point de vue *paramétrique*, donc *ordinal* :

Une circonférence C est décrite par un point m. Un point M fonction continue de m parcourt une dendrite E moyennant ces conditions :

1° Si à deux points M, M' de E correspondent deux couples de points (m_1, m_2), (m'_1, m'_2) de C, le premier couple n'alterne pas avec le second.

Nommons *point extrême* de la dendrite E tout point N auquel correspond sur C un seul point n. Sur tout arc de C limité à deux points m_1, m_2 définissant le même point M de E, il existe un point n correspondant à un point extrême N de E.

2° Sur chacun des arcs $m_1 n$, $n m_2$ ou nn', $n'n$ de C (n et n' déterminant deux points extrêmes), si l'on néglige tous les points m compris entre deux points m'_1, m'_2 définissant un même point M' de E, il reste sur E deux continus qui doivent être identiques entre eux.

Une autre définition intrinsèque reposant sur la division de E en blocs dont les points constituants ne jouent *individuellement aucun rôle*, a fait l'objet de mes études antérieures : la dendrite E est un continu ne renfermant ni une famille infinie de continus disjoints et de diamètre supérieur à un même nombre, ni une courbe fermée de Jordan (dernière notion à vrai dire ordinale).

Soit E un ensemble ou espace : 1° *distancié* [au sens de M. Fréchet, l'inégalité triangulaire pouvant être remplacée par la continuité uniforme de la distance $d(M, M')$ sur E, c'est-à-dire la condition que $d(N, M) - d(N, M')$ tend vers zéro avec $d(M, M')$, $d(M', M)$ tendant dès lors lui aussi vers zéro] ; 2° *compact*.

Appelons *sphère ouverte* de centre a et de rayon r l'ensemble $\gamma(a, r)$ des points de E dont la distance à a est inférieure à r. En vertu des hypothèses faites : toute famille de sphères de E disjointes, de rayon supérieur à un même nombre, est finie ; E est séparable ; de toute suite infinie d'ensembles de E on peut extraire une suite convergente, etc.

3° Nous supposons E *continue*, au sens de Cantor (une chaîne de pas inférieur à ε positif, indépendant, joint sur E deux points quelconques de E). Toutes les propriétés générales des continus cartésiens sont vraies des continus inclus dans E.

Définition. — Nous appelons *division de* E *par un de ses éléments* a la décomposition de E en la somme de deux ensembles $E^1(a)$, $E^2(a)$ ayant en commun le seul point a et ou bien l'un et l'autre continus, ou bien l'un réduit à a, l'autre identique à E.

Si la division n'admet que la solution *fruste* $E^i(a)=a$, $E^{3-i}(a)=E$ ($i=1$ ou $i=2$), nous dirons que a est *singulier*. Sinon, a sera dit *normal*, et *d'ordre* p si E se décompose en $p+1$ continus joints au seul point a.

LEMMES. — I. *Si le continu k ne contient pas a, il est intégralement contenu dans un ensemble $E^i(a)$ et il est disjoint de $E^{3-i}(a)$.*

II. *Si k contient a, chacun des deux ensembles $k.E^i(a)$ est continu (ou réduit à a).*

Car si b est dans $H=k.E^i(a)$, et si $f(a, \varepsilon)$ est la frontière de $\gamma(a, \varepsilon)$, ε étant inférieur à la distance de a à b, $k-k.\gamma(a, \varepsilon)$ renferme un continu majeur $k(b, \varepsilon)$ joignant b à $f(a, \varepsilon)$; $k(b, \varepsilon)$ ne contenant pas a et renfermant le point b de $E^i(a)$ est dans $E^i(a)$, donc dans H. Son ensemble de convergence $k(b, \varepsilon)$ quand a tend vers zéro est continu entre b et a et inclus dans H. Donc H est continu.

COROLLAIRE. — *Si le continu $K(b, c)$, inclus dans E, est irréductible entre b et c situés dans $E^i(a)$, $K(b, c)$ est en totalité dans $E^i(a)$.*

En vertu du lemme I, si $K(b, c)$ ne contient pas a; en vertu du lemme II, si $K(b, c)$ contient a.

THÉORÈME I. — *Si $E^i(a)$ contient l'élément b de E, $E^i(a)$ contient soit $E^j(b)$, soit $E^{3-j}(b)$. Dans ce second cas $E^j(b)$ contient $E^{3-i}(a)$, $E^{3-i}(a)$ et $E^{3-j}(b)$ sont disjoints, et $E^i(a).E^j(b)$ est continu.*

Les trois premières conclusions se rattachent au lemme I, la quatrième au lemme II.

THÉORÈME II. — *Tout ensemble $E^i(a)$ contient au moins un point singulier.*

On place sur E un ensemble dénombrable M_n partout dense. Si a n'est pas singulier, les M_n sont partout denses sur $E^1(a)$ et sur $E^2(a)$.

On forme une chaîne de continus $E^1(M_{n_p})$, chacun contenu dans le précédent, d'indices le moins croissants possible, le premier inclus dans $E^1(a)$. Ils ont en commun un point ou un continu k singulier pour E.

THÉORÈME III. — *Si pour tout point m d'un continu k inclus dans E, l'un des deux ensembles $E^i(m)$ contient la totalité de k, l'ensemble des points normaux de E situés sur k est dénombrable.*

Si $E^1(m)$ contient k, les $E^2(m)$ sont tous disjoints. On en conclut l'impossibilité qu'une infinité non dénombrable de ces $E^2(m)$ ne se réduise pas au point m correspondant.

THÉORÈME IV. — *Les trois points a_1, a_2, a_3 étant tels que chacun des trois ensembles $E^1(a_i)(i=1, 2, 3)$ contient ces trois points, et m étant quelconque dans E, soit $E^1(m)$ contenant 2 ou 3 points a_i, $E^2(m)$ en contenant 1 ou 0, I_i l'ensemble des m tels que $E^2(m)$ contient a_i, L_i la fermeture de $\Sigma E^2(m)$, $M_i=\Pi E^1(m)$, m décrivant I_i, $k=L_i.M_i$:*

1° L_i, M_i, k_i *sont continus* (ou réduits à des points); *les trois ensembles* L_i-k_i *sont disjoints,* L_i *contenant* a_i;

2° *Ou bien il existe un point ν_i de I_i tel que $E^2(\nu_i)$ contient I_i et $E^2(\nu_i)=L_i$, $E^1(\nu_i)=M_i$, $\nu_i=k_i$; ou bien k_i est un continu* (ou un point) *disjoint de* I_i;

3° Dans ce second cas, *si m est sur* k_i, $E^1(m)$ *renferme* L_1, L_2, L_3. *Un point de* k_1 *au plus peut être dans* I_2 (les indices 1 et 2 peuvent être échangés et permutés avec 3) *et alors ce point est* $\nu_2 = k_2$ *tel que* $E^2(\nu_2)$ *contient* I_2.

4° *Si* m^i *est dans* I_i, *les trois ensembles* $E^2(m^i)$ *sont disjoints et* $\Pi E^1(m^i)$ *est un continu, renfermant un continu majeur* M *indépendant des* m^i. *Si* M_0 *est l'ensemble des continus de* E *irréductibles entre deux des trois* k_i (ces derniers non nécessairement disjoints, mais inclus dans M_0), M *contient* M_0.

5° *Si m est dans* M, $E^1(m)$ *contient* L_1, L_2, L_3 *et* M_0.

Caractère A d'un continu E. — *L'ensemble des points normaux de* E *est non dénombrable sur tout continu inclus dans* E.

Cette condition exclut l'hypothèse du théorème III.

Théorème V. — *Si* E *possède le caractère* A, *il est impossible que* E *renferme deux continus distincts, irréductibles entre deux mêmes points.*

Théorème VI. — *Si* E *possède le caractère* A, *il est impossible que, pour tout point m d'un continu k, un ensemble* $E^i(m)$ *contienne deux points a, b invariables dans k.*

Théorème VII. — *Si* E *possède le caractère* A, *il est impossible qu'il existe dans* E *une famille infinie de continus disjoints d'un diamètre supérieur à une même quantité positive.*

Théorème VIII. — *Si le continu* E *possède le caractère* A, *et si trois points* a_1, a_2, a_3 *sont tels que trois ensembles* $E^j(a_i)$ $(i = 1, 2, 3)$ *contiennent ces trois points,* E *est la réunion de quatre continus* L_1, L_2, L_3, M, *ayant en commun deux à deux un même point unique b et* L_i *contenant* a_i.

Le caractère A *des continus définit donc les dendrites.*

Pour avoir l'arc simple de Jordan, il faut joindre au caractère A l'un des deux suivants :

Caractère B. — *Si deux points b et c appartiennent à un même ensemble* $E^i(a)$, *il est possible de les réunir par un continu inclus dans* E *et ne contenant pas a.*

Caractère B'. — *Pour tout point a non singulier sur* E, *la division de* E *par a est unique.*

EMBRYOGÉNIE VÉGÉTALE. — *Embryogénie des Papilionacées. Développement de l'embryon chez le* Sarothamnus scoparius *Koch.* (Cytisus scoparius *Link*). Note de M. **René Souèges.**

Les Papilionacées sont, après les Composées, la famille de plantes angiospermes qui compte le plus grand nombre d'espèces. On paraît aujourd'hui fixé sur l'embryogénie des Composées qui répondent, d'une manière tout à fait générale, à un type embryonomique particulièrement bien défini. On l'est bien moins sur l'embryogénie des Papilionacées dont peu de représentants ont été encore étudiés et qui cependant offrent déjà des variations importantes dans les lois qui président à l'édification de l'embryon.

Tout porte à croire que, dans les limites de cette vaste famille, les ressemblances se montreront plus nombreuses que les différences. Il est toujours peu encourageant de rencontrer trop souvent des ressemblances; elles donnent l'impression de répétitions dépourvues d'intérêt. Il est néanmoins nécessaire de les faire connaître quand on les a trouvées au cours d'investigations portant sur des espèces qui n'ont pas encore été examinées, et d'ailleurs, ne faut-il pas convenir que, dans le domaine des sciences du développement surtout, l'homogénéité des caractères revêt une importance considérable, puisqu'elle est appelée à intervenir, dans la définition des grandes divisions taxinomiques.

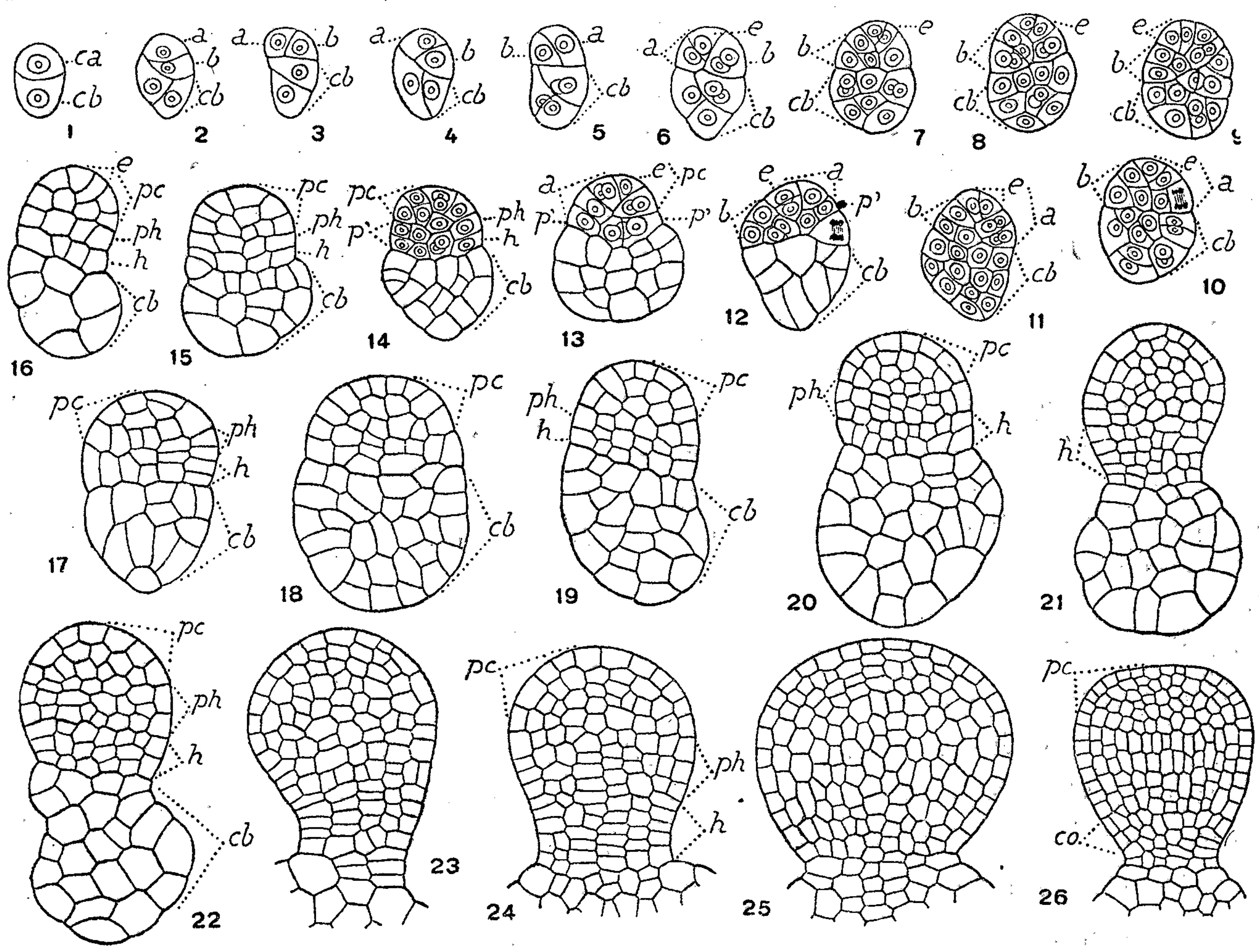


Fig. 1 à 26. — *Sarothamnus scoparius* Koch. — Les principaux termes du développement de l'embryon. *ca*, cellule apicale du proembryon bicellulaire; *cb*, cellule basale ou suspenseur proprement dit; *a* et *b*, cellules-filles de la cellule apicale ou groupes cellulaires qui en dérivent; *e*, épiphyse; *p'*, assise engendrant la partie hypocotylée, *ph*, et le massif hypophysaire, *h*; *pc*, partie cotylée; *co*, premiers cloisonnements des portions latérales de la coiffe. G. = 300; 160 pour la figure 26.

Le *Sarothamnus scoparius* offre avec le *Genista tinctoria* et l'*Ulex europæus* les rapports les plus étroits (¹). Les figures 2 à 4 représentent, sous différents aspects, la tétrade globuleuse qui résulte de la division des cellules, apicale et basale, du proembryon bicellulaire (*fig.* 1). En 5, s'observe une forme hexacellulaire faisant passage au proembryon octocellulaire (*fig.* 6); celui-ci comprend quatre quadrants en tétraèdre produits par segmentation des cellules *a* et *b* de la tétrade; l'un de ces quadrants, celui du sommet, se comporte comme une épiphyse, *e*. Comme le montrent les figures 7 à 11 et 13, l'épi-

(¹) R. Souèges, *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 79; et 225, 1947, p. 341.

physe se segmente d'abord par parois obliques anticlines, rarement tangentielles (*fig.* 12); après ces quelques premières segmentations, il est impossible de reconnaître avec certitude les limites du groupe cellulaire auquel elle donne naissance.

Les premières parois sont également obliques et anticlines dans les trois quadrants sous-épiphysaires, c'est-à-dire dans le blastomère frère de l'épiphyse et dans les deux éléments juxtaposés issus de *b*. Toutes ces cloisons sont diversement inclinées et il est difficile de déterminer leur position exacte par rapport au plan normal ou parallèle à celui de la figure. Quoi qu'il en soit, elles arrivent, au terme d'un certain nombre de divisions, à s'orienter et à permettre ainsi de distinguer, au-dessous de la partie cotylée constituée par l'épiphyse et les éléments produits par les trois quadrants sous-épiphysaires, la couche *p'* (*fig.* 13, 14), aux dépens de laquelle se différencient bientôt les deux assises *ph* et *h* génératrices de la partie hypocotylée et du massif hypophysaire (*fig.* 13 à 15).

Les cloisonnements dans les trois régions, cotylée, hypocotylée et hypophysaire, se succèdent avec la plus grande irrégularité, de sorte que l'on ne peut, à partir des stades des figures 17, 18, assigner à ces trois régions des limites précises. Au niveau du massif hypophysaire (*fig.* 22 à 24), les éléments cellulaires affectent le plus souvent une forme aplatie et une disposition superposée qui témoignent de la formation de divisions presque exclusivement transversales dans cette partie du corps de l'embryon. Les éléments les plus voisins du suspenseur sont le siège des mêmes divisions et l'objet de la même disposition, ce qui ne permet que très difficilement de reconnaître les limites de séparation du suspenseur proprement dit et de l'embryon. Au moment de l'apparition des protubérances cotylédonaires (*fig.* 26), les histogènes internes ne sont pas encore nettement différenciés; seules commencent à se former les premières cloisons tangentielles présidant à la génération des portions latérales de la coiffe. Le suspenseur, produit par la cellule basale, devient globuleux; il prend parfois une forme plus ou moins allongée; ses macromères constitutifs les plus voisins de la paroi du sac sont généralement plus développés et irrégulièrement déformés.

On ne peut séparer, du point de vue des lois qui président au développement de l'embryon, le *Sarothamnus scoparius* de l'*Ulex europæus* ou du *Genista tinctoria*. Les relations entre les trois plantes sont si étroites que l'on pourrait les comprendre dans une même espèce embryogénique. Les Genêts et les Ajoncs sont incontestablement des plantes fort voisines; elles doivent avoir une origine commune, leurs diversifications morphologiques actuelles ne pouvant être rapportées qu'à des hybridations antérieures plus ou moins anciennes. Jusqu'ici, c'est-à-dire dans l'état actuel des recherches, les Papilionacées, et vraisemblablement les Légumineuses en général, paraissent dériver de deux grands phylums qui trouvent leurs caractéristiques essentielles, l'un dans l'archétype du *Trifolium minus*, rangé dans la 1^{re} grande division du système périodique, l'autre dans l'archétype du *Medicago Lupulina* (2), prenant place dans la 2^e grande division du même système.

(2) R. Souèges, *Bull. Soc. bot. Fr.*, 76, 1929, pp. 93 et 338; *Titres et travaux scientifiques*, 1934, p. 116.

PHYSIOLOGIE. — *Recherches expérimentales sur l'origine des vaso-dilatateurs des membres.* Note [1] de MM. **René Leriche** et **Ch. Mentha.**

L'origine des vaso-dilatateurs est toujours discutée. On admet généralement que la vasodilatation est assurée par conduction antidromique dans les fibres sensitives. Bien des faits d'observation humaine s'opposent à cette conception. Pour essayer de résoudre ces difficultés, nous avons essayé de produire de la vasodilatation chez 5 blessés ayant eu le plexus brachial arraché, de 6 mois à 7 ans auparavant, par conséquent dans un délai qui assurait la dégénérescence des fibres sensitives.

Ces blessés ne présentaient que des ébauches de mouvements parcellaires soit à l'épaule soit aux doigts. Leur motricité était pratiquement supprimée. Il en était de même de la sensibilité. L'anesthésie était totale pour tout le membre, sauf dans une mince bande correspondant au territoire de l'accessoire du brachial cutané interne chez 3 de nos sujets. Chez les 2 autres, elle était totale du coude à la main. Il y avait des douleurs en brûlure chez 3, et des troubles vasomoteurs chez tous : refroidissement avec cyanose et troubles trophiques chez 3; chez un 4e il existait une bande de peau rose et chaude en aval du coude dans la zone des fléchisseurs. Chez un 5e la peau était froide, et blanche, marmoréenne avec sudation abondante. Un syndrome oculo-pupillaire était perceptible chez 3 de nos malades.

Chez ces 5 sujets, d'après la théorie du réflexe axonique, aucune vasodilatation n'était possible, sur la totalité du membre ou sur sa plus grande partie.

Cependant, une injection intraveineuse, au pli du coude, sous stase, d'acétylcholine a provoqué une hyperhémie intense de la partie supérieure du bras, de l'avant-bras, du poignet et de la main dans trois cas. La rougeur a persisté de deux à cinq minutes. Dans un autre cas, la couleur a peu changé, mais il y a eu une élévation thermique de 2°. Il y a donc eu vasodilatation nette.

Chez quatre de nos blessés, l'injection intradermique de 1/10 de millimètre cube d'histamine à 1 % a produit la triple réaction de Lewis, deux fois faible, deux fois intense.

L'infiltration stellaire homolatérale a, dans quatre cas, amené une disparition de la cyanose du membre et une élévation thermique progressive surtout marquée à la partie distale. L'infiltration stellaire controlatérale a produit des réactions identiques.

Donc, même après dégénérescence des fibres sensitives, les téguments peuvent subir des phénomènes de vasodilatation. Il est par suite peu probable que la vasodilatation se produise par mécanisme antidromique.

---

[1] Séance du 27 octobre 1947.

PRINCIPES DES SCIENCES MATHÉMATIQUES. — *Sur l'épistémologie de l'Analyse classique*. Note de M. **Georges Bouligand**.

1. J'ai distingué dans cette épistémologie le rôle dévolu d'une part aux problèmes, de l'autre à la synthèse globale en son état S_t (¹). Un problème est l'extraction, au sein d'une catégorie précise, d'un élément au moins répondant à des conditions assignées. La combinatoire des problèmes déclenche des opérations formelles : ainsi, prenant des problèmes où les éléments inconnus sont extraits de la même catégorie, le problème qui en *réunit* les conditions voit l'ensemble de ses solutions se réduire à *l'intersection* des ensembles de solutions pour les problèmes initiaux. Les énoncés de propriétés caractéristiques livrés à S_t par le praticien des problèmes auront des liaisons mutuelles traduites des liaisons entre problèmes générateurs. D'où le calcul des propositions. Les conditions requises dans l'énoncé d'un problème s'exprimeront par des *relations* (appartenance, ordination complète ou partielle, équivalence, etc.). Quant à la construction, acte opératoire ou graphique, on la ramène toujours *à l'idée d'opération*, ce qui sollicite en bloc *l'Algèbre générale*.

2. Le langage courant dévie souvent le mot *problème* de son sens du n° 1, seconde phrase, lequel convient au *cas d'espèce*. Par exemple, en parlant *du problème de Dirichlet*, alors que le domaine support de la fonction harmonique inconnue n'est donné qu'en principe, on suscite un *groupement de problèmes* (ou un *problème composite*); cela subsiste avec *le problème de Dirichlet pour le cercle*, où la répartition périphérique n'est donnée qu'en principe. Si l'on énonce que la solution de ce dernier se construit par l'intégrale de Poisson, on donne seulement ainsi les caractères communs aux constructions pour les divers cas individuels du groupement. La construction n'atteint l'un de ces cas qu'après un cheminement dans S_t, qui livre les notions : fonction univoque continue sur une circonférence, intégrale définie. D'où une gradation descendante du vrai dans les énoncés suivants :

a. Il existe deux pentagones réguliers inscrits dans un cercle donné, leurs côtés s'obtiennent par intersection de cercles, en nombre fini (*vrai par construction* introduit par résolution d'un cas d'espèce);

b. Le problème de Dirichlet pour le cercle a une solution, exprimée par l'intégrale de Poisson (*vrai mixte* introduit par résolution d'un problème composite après cheminement dans S_t);

c. Tout énoncé de propriété n'ayant sa raison d'être que dans S_t (*vrai exempt de contradiction*) : comme il advient si l'énoncé ne s'établit que par l'absurde.

3. Dans ses recherches épistémologiques, M. F. Gonseth, vu la difficulté de sceller un accord sur une doctrine des vérités élémentaires qui assurerait le

(¹) *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 1747.

fondement des mathématiques, a déclaré qu'un tel accord n'existe pas. Il abandonne ainsi la connaissance prédicative pour la connaissance dialectique (²). Il y a lieu de chercher si les relations que j'établis entre S_t et les problèmes apportent quelques précisions sur ce point. Tout d'abord, l'appel fait par les problèmes aux diverses notions de l'Algèbre générale (bien au delà des opérations formelles) a pour effet d'établir une ossature plus rigide, dont l'expansion obéit à une légalité bien nette et qui règle en la modérant l'évolution de S_t envisagée dans son ensemble.

4. L'infini apparaît avec la suite des entiers, l'arithmétisation du continu linéaire, les ensembles en correspondance biunivoque avec une de leurs parties (tout cela introduit pour éviter un certain diversifié de S_t). L'architecture, si complexe à l'échelle corpusculaire, d'un fil tendu et les difficultés analogues du recours à d'autres images éloignent de tout contact avec la réalité la droite numérique traditionnelle. Pour cette raison, émerge une classe particulière Γ d'énoncés livrés à S_t par certains problèmes de l'Analyse classique, au besoin composites, mais dont chacun est la limite, en un sens adéquat, de problèmes P_n, où P_n a une solution unique s'obtenant rationnellement. Cette classe contient la recherche d'une intégrale de $M'_t = V(M, t)$ issue d'un point M_0 donné, ainsi que le problème de Dirichlet (équation linéaire elliptique, second ordre). Les théorèmes qui en résultent ont chacun un double aspect : l'aspect habituel, celui d'un énoncé direct ne valant que par S_t et impliquant des ensembles considérés comme des totalités (énoncé *en style totalitaire*); l'aspect indirect, qui échafaude des cas successifs justiciables chacun d'un processus fini (ici l'algorithme rationnel), de plus en plus approchés du cas primitif quand le rang augmente (lignes polygonales de Cauchy-Lipschitz dans le premier exemple cité) (énoncé *en style finitiste*). Moyennant ce double aspect, l'énoncé totalitaire n'est pas séparé des constructions de solutions approchées du problème générateur introduites comme solutions exactes des P_n.

Dans le fini, ces dernières accuseraient en principe, à l'esprit indéfiniment patient, les contradictions éventuelles entre divers résultats de Γ énoncés en style totalitaire. D'autre part, l'indéfini des cas approchés appréhende indirectement le théorème, en livrant la préparation des états limites (en une topologie adéquate), et en tablant sur le critère de Cauchy et ses extensions (³).

5. Peut-on, d'après cela, faire la part du non-prédicatif ? D'un côté, les énoncés totalitaires exigent souvent des modalités (uniforme convergence, égale continuité, etc.) dont on ne saurait clore la liste par avance (⁴). Elles

---

(²) *L'idée de dialectique aux entretiens de Zürich* (*Dialectica*, Neuchâtel, I, 1947, p. 21).

(³) *Structure des théories, problémes infinis* (*Act. sc.*, 548, 1937, p. 50).

(⁴) A. Denjoy, *L'énumération transfinie*, Gauthier-Villars, 1946, p. 2.

vont s'intégrer dans S_t où s'affirme de temps à autre le besoin de scinder certaines notions (dimension, tangente, etc.). On n'a pas non plus de garantie permanente de la non-contradiction dans S_t (en particulier, pour les énoncés genre *c*, n° 2). Bien que finie, S_t est trop vaste et sa délimitation de fait, par exclusion de zones litigieuses, est souvent malaisée. Ces zones ont toujours existé, introduites à des fins de généralité, mais sans participation suffisante des problèmes. Sous l'influence de ces derniers, ces zones s'organisent à la longue par des retouches de S_t d'un des genres notés au début de ce numéro, et ainsi, sont souvent rattachées à des secteurs de fixation.

TÉRATOGENÈSE. — *Sur deux variétés de brachymélie obtenues à l'aide de deux substances chimiques chez l'embryon de Poule.* Note de M. **Paul Ancel.**

Nous avons signalé, en collaboration avec Mme S. Lallemand [1], que la paraminobenzensulfamide conditionne chez l'embryon de Poule de race Sussex sur lequel elle est déposée à la 48e heure de l'incubation, une brachymélie accompagnée d'une coudure du tibia tarse pouvant atteindre l'angle droit et siégeant au voisinage de l'union du tiers inférieur de l'os avec ses deux tiers supérieurs.

La paraminobenzènesulfamide et le sulfate d'ésérine ont donné ultérieurement les mêmes résultats chez des Poulets de race Leghorn blanche; la branchymélie et les malformations du bec déterminées par ces substances ont été identifiées [2] avec les malformations achondroplasiques décrites par Landauer et caractéristiques de la chondrodystrophie héréditaire du Poulet.

Pour mettre en évidence les caractéristiques de la brachymélie obtenue avec les substances achondroplasiantes, chacun des os longs des pattes de 50 embryons-témoins ayant atteint le vingtième jour de l'incubation a été comparé, au point de vue de sa longueur, avec l'os correspondant des brachymèles. Le fémur des témoins avait une longueur moyenne de 18^{mm}, le tibia-tarse de 27^{mm}, et le métatarse de $17^{mm},8$, tandis que la longueur moyenne de ces mêmes os des brachymèles obtenus avec le sulfate d'ésérine était de 12^{mm} pour le fémur, 16^{mm} pour le tibia-tarse et $11^{mm},7$ pour le métatarse. Chacun de ces os des brachymèles s'est donc montré réduit de longueur par rapport à chacun des os témoins. Ces réductions ont été de 33,3 % pour le fémur, de 40,7 % pour le tibia-tarse et de 34,2 % pour le métatarse. Le tibia-tarse est donc un peu plus fortement réduit de longueur que les deux autres

(1) *Sur une malformation du bec et des membres obtenue chez l'embryon de Poule, à l'aide de sulfamides* (*C. R. Soc. Biol.* **136**, 1942, p. 255.)

(2) P. Ancel, *L'Achondroplasie, sa réalisation expérimentale, sa pathogénie* (*Annales d'endocrinologie*, 1941, p. 124).

os; il est toujours plus ou moins fortement coudé, aussi sa longueur a-t-elle été mesurée au fil.

Lorsque l'on fait agir dans les mêmes conditions une solution renfermant de la colchicine associée au sulfate d'ésérine, on voit apparaître ([3]) d'une part, des embryons affectés de la brachymélie due à l'ésérine et d'autre part, des embryons strophosomes conditionnés par la colchicine. Parmi ces derniers, certains présentent de la brachymélie. L'examen et la mensuration des os des pattes de ces strophosomes montrent qu'il s'agit d'un type de brachymélie différent du type ésérinique. On ne voit pas en effet chez ces brachymèles strophosomes, la coudure typique du tibia-tarse conditionnée par l'ésérine et les mensurations montrent que l'os ayant subi la plus forte réduction de longueur est le métatarse. Les réductions trouvées chez ces strophosomes brachymèles ont été en moyenne de 47,2 pour le fémur, de 72,1 pour le tibia-tarse et de 77,5 pour le métatarse.

Des strophosomes brachymèles atteignant la fin de la période d'incubation ont aussi été obtenus dans certaines de nos expériences où la colchicine était associée à d'autres substances que l'ésérine, telles que le méthylarsinate de sodium ou la trypaflavine. Nous avons calculé les réductions de longueur des trois os longs du membre supérieur chez les strophosomes brachymèles ainsi obtenus et nous avons trouvé les chiffres suivants : association colchicine méthylarsinate, réduction de longueur : fémur, 44,4 %; tibia-tarse, 62,8 %; métatarse, 66,2 %; association colchicine-trypaflavine : fémur, 31,6 %; tibia-tarse, 54,4 %; métatarse, 57,3 %. Dans tous les cas, le tibia était rectiligne.

Le type de brachymélie achondroplasique obtenu avec l'ésérine présente donc des caractères macroscopiques qui le différencient très nettement du type de brachymélie obtenu avec la colchicine, la brachymélie achondroplasique étant caractérisée par une coudure du tibia-tarse dont l'angle saillant occupe une situation bien déterminée sur la face antérieure de la moitié inférieure de l'os et par un racourcissement, sensiblement le même des trois os longs des pattes, mais avec une légère prédominance sur le tibia-tarse, tandis que la brachymélie colchicinique est caractérisée par un tibia-tarse rectiligne et un raccourcissement des trois os longs du membre inférieur, d'autant plus marqué que l'os est plus périphérique.

Une même malformation (la brachymélie) peut dont présenter des caractères différents lorsqu'elle est conditionnée par des substances chimiques différentes par leur constitution (ésérine et colchicine), mais des substances de constitution différente (ésérine et paraminobenzènesulfamide) peuvent au con-

([3]) P. ANCEL, *Sur la mise en évidence de différences individuelles dans la constitution des embryons par l'action associée de deux substances chimiques tératogènes* (*C. R. Soc. Biol.*, **141**, 1947, p. 208).

traire réaliser cette même malformation avec les mêmes caractéristiques (brachymélie achondroplosique). Ces faits apportent au problème des relations entre l'action tératogène élective d'une substance chimique et sa constitution, une donnée qui est à rapprocher du fait mis en évidence par certaines de nos expériences que des malformations ne pouvant être conditionnées que par un petit nombre de substances chimiques le sont cependant par des substances de constitution différentes (colchicine et ricine pour la strophosomie, trypaflavine et désoxycorticostérone pour l'absence de l'amnios, par exemple).

DÉSIGNATIONS.

Le **Président de la Commission administrative centrale** signale qu'il y a lieu de reconstituer et de réunir *d'urgence* la Commission interacadémique de la Maison de l'Institut de France a Londres.

Chaque Académie serait représentée dans cette Commission par un Secrétaire perpétuel et un membre élu.

MM. **Louis de Broglie** et **Gabriel Bertrand** sont désignés.

PLIS CACHETÉS.

M. **Auguste-Antoine Guntz** demande l'ouverture d'un pli cacheté reçu dans la séance du 20 février 1922 et enregistré sous le n° 8972.

Ce pli, ouvert en séance par M. le Président, contient une Note intitulée *Préparation de sulfures phosphorescents*.

(Renvoi à la Section de Physique générale.)

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Alimentation et Agriculture. Bulletin européen de la FAO [Food and agriculture organization of the United Nations], n° 1, août-septembre 1947.

Il signale également un fascicule polycopié :

International Council of scientific Unions. *Monthly Bulletin of Information*. September 1947, n° 1.

ALGÈBRE. — *Théorie non-abélienne des corps de classes pour les extensions galoisiennes des corps de nombres algébriques : bimatrices; représentations bimatricielles des semi-groupes abéliens libres.* Note (¹) de M. **Marc Krasner**, présentée par M. Élie Cartan.

A, B étant deux matrices (carrées) régulières dans le corps de nombres complexes, on n'emploiera que leurs produit et somme *kroneckériennes* qui seront notés $A \times B$ et $A + B$ $\left[\text{donc } A+B \text{ est la matrice } \begin{pmatrix} A & O \\ O & B \end{pmatrix}\right]$. I_n désignera la matrice unité de degré n, et l'on pose $I = I_1$. On introduira le symbole O qui sera considéré comme l'unique matrice de degré o, et l'on pose

$$O \times A = A \times O = O, \qquad O + A = A + O = A.$$

Le degré, le déterminant et la trace d'une matrice A seront notés $n(A)$, $|A|$ et $\chi(A)$.

On appellera *bimatrice* tout couple ordonné $\mathfrak{A} = (A, B)$ de matrices régulières. Deux bimatrices (A, B), (C, D) seront considérées comme équivalentes si les matrices $A + D$ et $B + C$ le sont. (A, O) sera identifié avec A. (O, A) sera dit l'*antimatrice* A et sera noté $-A$. (B, A) sera dit l'*opposé* de la bimatrice $\mathfrak{A} = (A, B)$ et sera noté $-\mathfrak{A}$. $n(\mathfrak{A}) = n(A) - n(B)$ sera appelé le *degré* de la bimatrice $\mathfrak{A}$, la fraction rationnelle $|I_{n(A)}x - A| : |I_{n(B)}x - B|$ sera dite la *fonction caractéristique* de $\mathfrak{A}$, et ses zéros et pôles seront dits *zéros* et *pôles* de $\mathfrak{A}$, et $\chi(\mathfrak{A}) = \chi(A) - \chi(B)$ sera dit le *caractère* de $\mathfrak{A}$.

$\mathfrak{A} = (A, B)$ et $\mathfrak{A}' = (A', B')$ étant deux bimatrices, on appellera *somme* des $\mathfrak{A}$, $\mathfrak{A}'$ la bimatrice $\mathfrak{A} + \mathfrak{A}' = (A + A', B + B')$ et *produit* des $\mathfrak{A}$, $\mathfrak{A}'$ la bimatrice $\mathfrak{A} \times \mathfrak{A}' = (A \times A' + B \times B', A \times B' + B \times A')$. Ces opérations sont associatives et l'on a $-\mathfrak{A} = (-I) \times \mathfrak{A} = \mathfrak{A} \times (-I)$, $\mathfrak{A} + (-\mathfrak{A}) = O$, $\mathfrak{A} + \mathfrak{A}' \sim \mathfrak{A}' + \mathfrak{A}$ et $\mathfrak{A} \times \mathfrak{A}' \sim \mathfrak{A}' \times \mathfrak{A}$. De plus, on a

$$(\mathfrak{A} + \mathfrak{B})(\mathfrak{A}' + \mathfrak{B}') \sim \mathfrak{A} \times \mathfrak{A}' + \mathfrak{A} \times \mathfrak{B}' + \mathfrak{B} \times \mathfrak{A}' + \mathfrak{B} \times \mathfrak{B}'.$$

Ainsi, les classes d'équivalence de bimatrices forment un anneau commutatif par rapport à ces opérations, dont le zéro et l'unité sont les classes des O et I.

$\mathfrak{A} = (A, B)$ étant une bimatrice complètement réductible, autrement dit telle qu'il existe une bimatrice $(A', B') \sim \mathfrak{A}$ telle que A' et B' soient des matrices complètement réductibles, on définira comme suit, pour tout entier non négatif m, la *puissance* $m^{\text{ième}}$ *propre* $(\mathfrak{A})^m$ *de* $\mathfrak{A}$; si $\mathfrak{A}$ est une matrice (A, O) de degré 1, $(\mathfrak{A})^m = \mathfrak{A}^m = (A^m, O)$; si $\mathfrak{A}$ est une antimatrice (O, A) de degré -1, $(\mathfrak{A})^m = I$, $\mathfrak{A}$ ou O suivant que $m = 0$, 1 ou > 1; et si $\mathfrak{A} = \mathfrak{B} + \mathfrak{C}$, $(\mathfrak{A})^m = \Sigma(\mathfrak{B})^i \times (\mathfrak{C})^{m-i}$, où i parcourt tous les entiers de o à m, et où Σ est le

(¹) Séance du 27 octobre 1947.

signe de la somme kroneckérienne. Si $\mathfrak{A} \sim \mathfrak{A}'$, on a $(\mathfrak{A})^m \sim (\mathfrak{A}')^m$. D'ailleurs, $(\mathfrak{A})^m$ peut se définir aussi pour les matrices non complètement réductibles.

$\mathfrak{A}$ étant une bimatrice complètement réductible et f étant un entier positif, on notera $\mathfrak{A}^{1:f}$ la bimatrice définie comme suit : si $\mathfrak{A} = \mathfrak{B} + \mathfrak{C}$ on pose $\mathfrak{A}^{1:f} = \mathfrak{B}^{1:f} + \mathfrak{C}^{1:f}$; on pose $(-\mathfrak{A})^{1:f} = -\mathfrak{A}^{1:f}$; et si $\mathfrak{A}$ est une matrice (a) de degré 1, on prend comme $\mathfrak{A}^{1:f}$ la matrice diagonale de degré f dont l'ensemble des éléments coïncide avec celui des racines $f^{\text{ièmes}}$ de a.

Un semi-groupe abélien S avec unité est dit *libre* s'il existe un sous-ensemble S_0 de S, dit sa *base* tel que tout $\alpha \in S$ puisse être représenté, et d'une seule manière, comme produit de puissances non négatives d'éléments de S. La base d'un tel semi-groupe est unique, car ses éléments peuvent se caractériser comme les *premiers* de S, autrement dit ses éléments n'ayant d'autres diviseurs dans S qu'eux-mêmes ou l'unité 1. Un élément de S est dit *primaire* s'il est une puissance d'un élément premier. α, $\beta \in S$ sont dits *premiers entre eux* s'ils n'ont dans S aucun diviseur commun sauf 1. Tout $\alpha \in S$ se décompose, et d'une seule manière en un produit d'éléments primaires premiers entre eux deux à deux.

$\mathfrak{K}$ étant l'ensemble des classes d'équivalence de bimatrices complètement réductibles (qui est un anneau commutatif par rapport à l'addition et la multiplication définies plus haut, où est définie, pour tout exposant entier non négatif, la puissance propre de tout élément), toute application r d'un semi-groupe abélien libre S dans $\mathfrak{K}$ telle que : *a*. si α est un élément premier de S, $r(\alpha^m) = (r(\alpha))^m$; *b*. si α, $\beta \in S$ sont premiers entre eux, $r(\alpha\beta) = r(\alpha) \times r(\beta)$, sera appelée une *représentation bimatricielle de* S. r sera dite *positive* si toutes les $r(\alpha)$ sont des matrices. Une représentation bimatricielle est, en vertu des *a*, *b*, complètement définie par sa restriction r_0 à la base S_0 de S. La représentation r sera dite la *somme* ou le *produit* de deux représentations t, u ou l'*opposée* d'une représentation t (notation : $r = t + u$, $r = t \times u$, $r = -t$), si, pour tout $\alpha \in S_0$, on a $r(\alpha) = t(\alpha) + u(\alpha)$, $r(\alpha) = t(\alpha) \times u(\alpha)$ ou $r(\alpha) = -t(\alpha)$. Si $r = t + u$ et si t et u sont des représentations positives, r sera dit *positivement décomposable en t et u*, et l'on écrira $r = t(+)u$. Un sous-anneau L d'un anneau M de représentations bimatricielles sera dit *positivement complet* s'il est engendré par ses éléments positifs et si $r \in L$ et $r = t(+)u$, où t, $u \in M$, impliquent $t \in L$. Un $r \in M$ sera dit *irréductible* s'il est positif, mais non positivement décomposable.

Un homomorphisme $\alpha \to \alpha'$ d'un semi-groupe abélien libre S dans un semi-groupe abélien libre S' sera dit *régulier d'ordre n* si : *a*. pour tout $\alpha \in S$ premier, α' est primaire dans S'; *b*. pour tout $\theta' \in S'$ premier, il existe des $\alpha \in S$ premiers tels que α' soit une puissance de θ', et, si β est le produit de tous les $\alpha \in S$ de cette forme, $\beta' = \theta'^n$. Soient θ' un élément premier quelconque de S' et α_1, α_2, ..., α_ν tous les éléments premiers de S tels que α'_1, α'_2, ..., α'_ν soient des puissances θ'^{f_1}, θ'^{f_2}, ..., θ'^{f_ν} de θ' $(f_1 + f_2 + \ldots + f_\nu = n)$. Alors, r étant une représentation bimatricielle de S, on appelle l'*induite de r* par l'homomorphisme

régulier considéré la représentation bimatricielle r' de S' telle que, pour tout premier θ' de S', on ait $r'(\theta') = r(\alpha_1)^{1:f_1} + r(\alpha_2)^{1:f_2} + \ldots + r(\alpha_\nu)^{1:f_\nu}$. On a $(r+t)' = r' + t'$, $(-r)' = -r'$ et r' est positive si r l'est.

Les représentations bimatricielles r et $\bar{r}$ de deux semi-groupes abéliens libres S et $\overline{\mathrm{S}}$ seront dites *équivalentes* ($r \sim \bar{r}$) s'il existe un sous-ensemble $\mathrm{S}^\star$ de l'intersection $\mathrm{S}_0 \cap \overline{\mathrm{S}}_0$ des bases S_0 et $\overline{\mathrm{S}}_0$ des S et $\overline{\mathrm{S}}$ tel que : *a*. S_0 et $\overline{\mathrm{S}}_0$ ne diffèrent de $\mathrm{S}^\star$ (et, *a fortiori* de $\mathrm{S}_0 \cap \overline{\mathrm{S}}_0$) que par des ensembles *finis* d'éléments ; *b*. pour tout $\alpha^\star \in \mathrm{S}^\star$, $r(\alpha^\star) = \bar{r}(\alpha^\star)$. Si $r \sim \bar{r}$ et si $u \sim \bar{u}$, on a $-r \sim -\bar{r}$, $r + u \sim \bar{r} + \bar{u}$, $r \times u \sim \bar{r} \times \bar{u}$. On ne considérera les représentations bimatricielles qu'à l'équivalence près.

THÉORIE DES GROUPES. — *Sur l'immersion d'un semi-groupe dans un groupe.* Note de M^me **Marie-Louise Dubreil-Jacotin**, présentée par M. Élie Cartan.

On sait que tout semi-groupe (¹) abélien S peut être immergé dans un groupe et qu'il n'en est plus de même dans le cas non commutatif (²). A. Malcev a donné (³) la condition nécessaire suivante pour que le problème soit possible : les relations

$$(1)\quad bs = b's', \qquad (2)\quad bt = b't', \qquad (3)\quad at = a't',$$

entre éléments de S, entraînent

$$(4)\qquad at = a't',$$

et a étudié au moyen d'une infinité de conditions de compatibilité simultanées, dont aucun sous-ensemble fini n'est suffisant, la condition nécessaire et suffisante du problème. Enfin, on connaît une condition *suffisante* simple : la régularité à droite, ou à gauche, au sens de O. Ore (⁴) : tout couple a, b, d'éléments de S, admet au moins un multiple commun à droite, par exemple (⁵).

Nous nous proposons ici de construire un semi-groupe S qui est en quelque sorte aussi irrégulier que possible, et de montrer qu'il peut cependant être immergé dans un groupe.

Nous supposons que S n'a pas d'élément-unité et satisfait aux deux conditions suivantes :

(¹) C'est-à-dire tout ensemble S dans lequel est définie une opération associative satisfaisant à la règle de simplification à gauche et à droite.

(²) Voir par exemple P. Dubreil, *Algèbre*, Paris, 1946, p. 136.

(³) *On the immersion of an algebraic Ring into a Field* (*Math. Ann.*, **113**, 1937, p. 686), *Ueber die Einbettung von assoziativen Systemen in Gruppen* (*Rec. Math. Moscou*, 3, 1939, p. 331, et 4, 1940, p. 251).

(⁴) *Linear equations in non commutative Fields* (*Ann. of Math.*, **32**, 1931, p. 463).

(⁵) On a, bien entendu, aussi toutes les propositions symétriques.

A. *Étant donnés deux éléments a et b quelconques de* S, *ou bien ils n'ont pas de multiples communs à droite, ou bien, s'ils en ont, l'un des éléments a, b divise l'autre à gauche* ([6]).

B. *Tout élément* S *n'admet qu'un nombre fini de diviseurs à gauche.*

Un tel semi-groupe satisfait bien à la condition de Malcev. En effet, de A et de (1) résulte par exemple $b = b'q$, d'où, en portant dans (1) et (2) et appliquant la règle de simplification, $s' = qs$, $t' = qt$. En portant la première dans (3) et simplifiant, il vient $a = a'q$, d'où $at = a'qt = a't'$.

Montrons maintenant comment on peut immerger S dans un groupe G. Soit a un élément quelconque de S : l'ensemble de ses diviseurs à gauche peut, d'après A, être totalement ordonné, en écrivant $d < d'$ si d divise d' à gauche. Comme cet ensemble est fini d'après B, il a un plus petit élément α qui est *indécomposable*.

Soit alors Σ le sous-ensemble de S constitué par ses éléments indécomposables. Si $a \in S$ et $a \notin \Sigma$, nous avons $a = \alpha b$, $\alpha \in \Sigma$, $b \in S$. Alors, ou bien $b = \beta \in \Sigma$, ou $b \notin \Sigma$ et $b = \beta . c$, etc., ces opérations étant d'après B en nombre limité. Donc :

Tout élément a de S *qui n'est pas élément de* Σ *peut se mettre sous la forme d'un produit d'éléments de* Σ *en nombre fini.*

De plus, cette représentation est unique. En effet, si l'on avait par exemple $a = \alpha^1 \ldots \alpha_n = \alpha_1^* \ldots \alpha_m^*$ avec $n < m$, α_i, $\alpha_j^* \in \Sigma$, en vertu de A, on aurait $\alpha_1 = \alpha_1^*$ et la règle de simplification permet de poursuivre le raisonnement de proche en proche jusqu'à $\alpha_n = \alpha_n^* \ldots \alpha_m^*$ qui exige, puisque α_n est indécomposable $n = m$, $\alpha_n = \alpha_n^*$. Il ne peut donc y avoir aucune relation entre éléments de Σ.

Considérons alors le groupe multiplicatif libre G, non commutatif, engendré par les éléments de Σ. Nous avons $S \subset G$ avec conservation de l'opération et le problème d'immersion est résolu pour S.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur une fonction entière qui se présente en calcul symbolique.* Note de M[lle] **Lucette Clément**, présentée par M. Henri Villat.

En calcul symbolique, la transformée de la fonction $(x^{h+1} - x)/\log x$ où $h > 0$ est

$$I(h, p) = p \int_0^\infty e^{-px} \frac{x^{h+1} - x}{\log x} dx;$$

on a

$$\frac{\partial I}{\partial h} = p \int_0^\infty e^{-px} x^{h+1} dx = \frac{\Gamma(h+2)}{p^{h+1}}$$

([6]) Les relations simultanées $a = bq$, $b = aq'$ sont incompatibles, car on en déduirait $a = a.q'q$ d'où, pour tout $x \in S$, $a.x = a.q'q.x$ et, en simplifiant par a, $x = q'q.x$: $q'q$ serait donc un élément-unité à gauche, donc, puisque S est semi-groupe, un élément-unité, contrairement à l'hypothèse faite.

et, puisque $I(o, p) \equiv o$, on a la relation

$$\frac{x(x^h - 1)}{\log x} \supset \int_0^h \frac{\Gamma(s+2)}{p^{s+1}}\, ds.$$

Je me propose d'étudier la fonction entière

$$F(z) = \int_0^h \Gamma(s+2)\, e^{z(s+1)}\, ds$$

qui se déduit de la précédente en posant $p = e^{-z}$ et qui semble nouvelle. Elle n'a aucun zéro sur l'axe réel, ni dans la bande $o < (h+1)|y| \leqq \pi$ puisque dans cette bande $\sin(s+1)y \geqq o$, mais $\not\equiv o$ et $\mathcal{I}F(z)$ ne peut donc s'annuler. Pour les valeurs de z extérieures à cette bande, appliquons à $F(z)$ la formule d'intégration par parties. Il vient

$$e^{-z}F(z) = \left[\frac{e^{sz}\Gamma(s+2)}{z}\right]_0^h - \frac{1}{z}\left[\frac{e^{sz}\Gamma'(s+2)}{z}\right]_0^h + \frac{1}{z^2}\int_0^h e^{sz}\Gamma''(s+2)\, ds,$$

$$F(z) = \frac{e^{(h+1)z}\Gamma(h+2) - e^z}{z} - \frac{e^{(h+1)z}\Gamma'(h+2) - \Gamma'(2)\, e^z - e^z\displaystyle\int_0^h e^{sz}\Gamma''(s+2)\, ds}{z^2}.$$

Si $x \geqq o$, on peut écrire

$$F(z) = e^{(h+1)z}\left[\frac{\Gamma(h+2) - e^{-hz}}{z} + \frac{R(z)}{z^2}\right] \qquad \text{avec} \quad |R(z)| < 2\Gamma'(h+2);$$

si $x \leqq o$,

$$F(z) = e^z\left[\frac{e^{hz}\Gamma(h+2) - 1}{z} + \frac{R(z)}{z^2}\right] \qquad \text{avec} \quad |R(z)| < 2\Gamma'(h+2).$$

On voit alors, si $x \geqq o$, puisque $|\Gamma(h+2) - e^{-hz}| > \Gamma(h+2) - 1 > o$ que, dès que $[\Gamma(h+2) - 1]|z| > 2\Gamma'(h+2)$, $F(z)$ ne s'annule plus. Si $x < o$, $e^{hz}\Gamma(h+2) - 1$ s'annule en des points P_n, situés sur la droite

$$hx = -\operatorname{Log}\Gamma(h+2)$$

et d'ordonnées $hy = 2n\pi$, n entier. Isolons-les par de petits cercles C_n, tels que sur eux et à leurs intérieurs on ait

$$|e^{hz}\Gamma(h+2) - 1) < \varepsilon.$$

Alors, dès que $\varepsilon|z| > 2\Gamma'(h+2)$, $F(z)$ ne peut s'annuler qu'à l'intérieur des C_n. En appliquant le théorème de Rouché à un tel C_n, on voit que $F(z)$ s'y annule une fois et une seule. $F(z)$ *a donc une infinité de zéros, situés chacun pour* $|z|$ *suffisamment grand dans un petit cercle de centre* P_n.

On montre, par un raisonnement analogue, que la dérivée

$$F'(z) = \int_0^h \Gamma(s+2)(s+1)\, e^{z(s+1)}\, ds$$

a une infinité de zéros, situés chacun pour $|z|$ grand dans un petit cercle de centre A'_n, les A'_n étant les points où $e^{hz}\Gamma(h+2)(h+1)=1$.

On voit aussi que pour $|z|$ grand et $x>0$, $F(z)-\alpha$ s'annule une fois et une seule, si $\alpha\neq 0$ est une constante complexe, dans un petit cercle ayant pour centre un point Q_r où $e^{(h+1)z}\Gamma(h+2)=\alpha z$. Les Q_r sont situés sur une courbe à allure exponentielle et il y en a un et un seul entre deux droites consécutives $(h+1)y=\operatorname{Arg}\alpha+2k\pi$. D'autre part, si $x\leqq 0$ à l'extérieur du cercle $|\alpha||z|=1$, on ne peut plus avoir $F(z)=\alpha$. En comparant avec les résultats obtenus pour $F(z)=0$, on voit que 0 est une valeur déficiente pour $F(z)$.

D'autre part, on peut écrire

$$F(z)=\frac{e^{(h+1)z}\Gamma(h+2)}{z}[1+\varepsilon(z)],$$

où $|\varepsilon|<\eta$, dès que $|z|>R$; or le maximum $M(r)$ du module de $F(z)$ pour $|z|=r$ est atteint pour $z=r$ et

$$M(r)=\frac{e^{(h+1)r}\Gamma(h+2)}{r}[1+\varepsilon(r)].$$

L'ordre de la fonction est donc 1, et de plus $\lim_{r\to\infty}[\log M(r)/r]=h+1$. L'étude de la surface de Riemann de cette fonction est analogue, pour $|z|$ grand à celle de $e^{hz}(e^z-1)/z$ dont les courbes à arguments constants et modules croissants issus des zéros de la dérivée ont l'allure de celles de $(e^z-1)/z$ ([3]), mais ne sont pas asymptotes entre elles.

Enfin l'ensemble de ces propriétés s'étend facilement aux fonctions où $\Gamma(s+2)$ est remplacé par une fonction positive, admettant une dérivée première et une dérivée seconde positives pour $0\leqq s\leqq h$.

CALCUL TENSORIEL. — *Les invariants différentiels d'un tenseur covariant à deux indices.* Note de M. **Damodar Kosambi**, présentée par M. Élie Cartan.

Étant donné un tenseur covariant quelconque g_{ij}, on sait qu'il y en a deux parties invariantes irréductibles $g_{(ij)}=(1/2)(g_{ij}+g_{ji})$ et $g_{[ij]}=(1/2)(g_{ij}-g_{ji})$. Seule la partie symétrique $g_{(ij)}$ apparaît dans la géométrie des espaces de Riemann, fondée sur la métrique $ds^2=g_{ij}\,dx^i\,dx^j\equiv g_{(ij)}\,dx^i\,dx^j$. On sait que la dérivée covariante $g_{(ij)/k}$ étant nulle, nous n'avons d'invariant différentiel de base que le tenseur de courbure R_{ijkl} (Riemann-Christoffel). Évidemment, pour épuiser les invariants différentiels du tenseur arbitraire g_{ij}, nous aurons à considérer aussi la partie symétrique gauche $g_{[ij]}$.

Introduisons deux paramètres absolus u et v, et considérons le principe variationnel

$$\delta\int g_{ij}\frac{\partial x^i}{\partial u}\frac{\partial x^j}{\partial v}\,du\,dv=0. \tag{1}$$

([3]) Voir Valiron, *Journ. de Math.*, 9e série, **19**, 1940, pp. 339-358.

Les équations eulériennes sont

$$(2)\qquad 2\left\{g_{(ij)}\frac{\partial^2 x^j}{\partial u\,\partial v}+\Gamma_{jki}\frac{\partial x^j}{\partial u}\frac{\partial x^k}{\partial v}\right\}=0;$$

$$\Gamma_{jki}=\frac{1}{2}\{g_{ik,j}+g_{ji,k}-g_{jk,i}\};\qquad g_{ij,k}=\frac{\partial g_{ij}}{\partial x^k},\qquad \ldots.$$

On voit que pour $g_{[ij]}=0$, Γ_{jki} donne les symboles de Christoffel de première espèce, comme on l'aurait attendu. Pour $g_{(ij)}=0$, le seul cas où

$$g_{ij}\frac{\partial x^i}{\partial u}\frac{\partial x^j}{\partial v}\,du\,dv$$

se comporte en invariant sous les transformations de u, v, nous voyons que Γ_{jki} devient un tenseur

$$(3)\qquad \frac{1}{2}(g_{[ik],j}+g_{[ji],k}+g_{[kj],i}),$$

qui devient zéro (g_{ij} antisymétrique) si, et seulement s'il existe un vecteur λ_i avec

$$\lambda_{i,j}-\lambda_{j,i}=g_{ij}.$$

Il nous reste à éclaircir la signification géométrique de ces résultats. Nous notons d'abord que le tenseur (3) est, pour le cas général,

$$(4)\qquad \Gamma_{[jk]i}=\frac{1}{2}(g_{[ik],j}+g_{[kj],i}+g_{[ji],k}),$$

comme on le trouve par calcul direct ou par considération des conditions d'intégrabilité du système des équations d'Euler dans (2). Il est clair que

$$(5)\qquad \Gamma_{(jk)i}=\frac{1}{2}(g_{(ik),j}+g_{(ij),k}-g_{(jk),i})$$

donne toujours des symboles de Christoffel de première espèce. En supposant le déterminant $|g_{(ij)}|\neq 0$, nous pouvons comme d'habitude construire les composantes contrevariantes $g^{(ij)}$, mineurs normalisés de $\|g_{(ij)}\|$. Donc les

$$(6)\qquad \Gamma^i_{jk}=g^{(ir)}\Gamma_{jkr}$$

ont la loi de transformation des symboles de Christoffel de deuxième espèce; mais n'étant pas symétriques dans le cas général, les Γ^i_{jk} peuvent seulement être regardés comme coefficients d'une connexion affine. On remarque que

$$(7)\qquad g_{(ij)\,k}=g_{(ir)}\Gamma^r_{jk}+g_{(rj)}\Gamma^r_{ik}=0.$$

Cela se démontre en écrivant $\Gamma^i_{jk}=\Gamma^i_{(jk)}+\Gamma^i_{[jk]}$; la dérivée covariante $g_{(ij),k}$ se décompose en deux parties dont la première s'évanouit par construction des symboles de Christoffel et la deuxième $\Gamma_{[jk]i}+\Gamma_{[ik]j}$ aussi en vertu de (4). Enfin, nous voyons que le tenseur $\Gamma^i_{[jk]}=g^{(ir)}\Gamma_{[jk]r}$ est précisément ce que M. Élie Cartan a appelé *la torsion* de la connexion affine.

Le tenseur g_{ij} asymétrique fournit un seul invariant nouveau par sa partie symétrique gauche, c'est-à-dire $g_{[ij],k}+g_{[jk],i}+g_{[ki],j}$, qui peut se regarder comme le tenseur covariant de torsion obtenu en prenant la connexion affine

$$\Gamma^i_{jk}=\frac{1}{2}g^{(ir)}\{g_{ik,j}+g_{ji,k}-g_{jk,i}\}.$$

Il y a encore une autre manière d'aborder la question. On peut considérer un espace de *paths* généralisés d'ordre supérieur, comme par exemple l'espace à métrique $g_{ij}\ddot{x}^i\ddot{x}^j$. Ici il faudra ajouter des termes à la métrique, vu que $\ddot{x}^i$ n'est pas un vecteur comme $\dot{x}$. Cela fait, on n'obtient pas d'autre invariant différentiel de base que la torsion, la courbure, et leurs dérivées covariantes, avec celles de $g_{[ij]}$. Mais on obtient par ce procédé la géométrie fondée sur le tenseur $g_{[ij]}$ à la place de $g_{(ij)}$.

GÉOMÉTRIE. — *Sur des congruences de droites ou de courbes déduites d'une surface quelconque.* Note [1] de M. **André Charrueau**, présentée par M. Henri Villat.

I. Considérons une surface *non développable, quelconque*, s, trois points arbitraires O, O_1, O_2 et deux vecteurs quelconques $\overrightarrow{OI_1}=\vec{I}_1$ et $\overrightarrow{OI_2}=\vec{I}_2$ d'origine O. Soient a un point de s, ϖ le plan tangent à s en a, $\vec{n}$ un vecteur unitaire d'origine O perpendiculaire à ϖ, M_1 et M_2 les extrémités des vecteurs $\overrightarrow{O_1M_1}=\vec{I}_1\wedge\overrightarrow{O_1a}$ et $\overrightarrow{O_2M_2}=\vec{I}_2\wedge\overrightarrow{O_2a}$.

Menons par M_1 et M_2 des droites D_1 et D_2 parallèles à $\vec{n}$. Lorsque a se déplace sur s, D_1 et D_2 engendrent deux congruences dont les surfaces moyennes sont respectivement le plan passant par O_1 et perpendiculaire à $\vec{I}_1$ et le plan passant par O_2 et perpendiculaire à $\vec{I}_2$, — et dont les développables correspondent aux asymptotiques de s. Soient F_1 et G_1 les points focaux de D_1, F_2 et G_2 ceux de D_2. M_1 et M_2 sont respectivement les points moyens de D_1 et de D_2.

Les droites F_1F_2 et G_1G_2 qui joignent les points focaux correspondants de D_1 et de D_2 se coupent en un point A qui est celui où le plan Π des droites D_1 et D_2 touche son enveloppe S. Les droites F_1F_2 et G_1G_2 sont deux tangentes conjuguées de S et les courbes conjuguées de S qu'elles enveloppent correspondent aux asymptotiques de s. Si $\nu_1=\vec{I}_1.\vec{n}$ et $\nu_2=\vec{I}_2.\vec{n}$, on a

$$\overrightarrow{OA}=\frac{\nu_2\overrightarrow{OM_1}-\nu_1\overrightarrow{OM_2}}{\nu_2-\nu_1}.$$

(1) Séance du 27 octobre 1947.

On passe de l'élément de contact (a, ϖ) à l'élément de contact (A, Π) par une *transformation de contact* de la 2ᵉ classe. Nous supposons $M_1 M_2 \neq 0$, $\nu_2 \neq \nu_1$.

II. s et O étant fixes, supposons que $\vec{I_1}$, $\vec{I_2}$, $\overrightarrow{OO_1}$, $\overrightarrow{OO_2}$ soient fonctions d'*un* même paramètre.

1° Pour a fixe sur s, les points M_1, F_1, G_1, M_2, F_2, G_2, A décrivent des courbes. Soient I_{n_1} et I_{n_2} deux points où le plan perpendiculaire à $\vec{n}$ en O coupe respectivement les deux courbes décrites par I_1 et I_2; O_{n_1} et O_{n_2} les positions de O_1 et de O_2 correspondant respectivement à I_{n_1} et à I_{n_2}. Les lieux de M_1, F_1, G_1 et le lieu C_A de A passent par l'extrémité de $\overrightarrow{O_{n_1}A_{n_1}} = \overrightarrow{OI_{n_1}} \wedge \overrightarrow{O_{n_1}a}$. Les lieux de M_2, F_2, G_2 et la courbe C_A passent par l'extrémité de $\overrightarrow{O_{n_2}A_{n_2}} = \overrightarrow{OI_{n_2}} \wedge \overrightarrow{O_{n_2}a}$.

2° Quand a se déplace sur s, on a une famille de surfaces S à un paramètre et une congruence de courbes C_A. Les deux familles à un paramètre qui, dans cette congruence, correspondent aux asymptotiques de s, découpent sur *chaque* surface S un *réseau conjugué*.

Si $\vec{I_1}$ et $\vec{I_2}$ sont invariables et si les composantes de $\overrightarrow{OO_1}$ et de $\overrightarrow{OO_2}$ suivant trois axes fixes sont des trinomes du *second degré* du paramètre, C_A est une *parabole* [2]. Examinons des cas pour lesquels chacun des vecteurs $\vec{I_1}$, $\vec{I_2}$, $\overrightarrow{OO_1}$, $\overrightarrow{OO_2}$, s'il n'est pas indiqué comme *invariable*, a ses composantes égales à des expressions *linéaires* du paramètre.

a. Supposons que $\vec{I_1}$, $\vec{I_2}$, $\overrightarrow{OO_1}$, $\overrightarrow{OO_2}$ varient. Pour a fixe sur s, les lieux de M_1, F_1, G_1, M_2, F_2, G_2 sont des droites D_{M_1}, D_{F_1}, D_{G_1} situées dans un même plan et concourantes, et des droites D_{M_2}, D_{F_2}, D_{G_2} situées dans un même plan et concourantes. C_A est une *cubique*.

b. Si $\vec{I_1}$ est invariable, D_{M_1}, F_{F_1}, D_{G_1}, toujours situées dans un même plan, sont parallèles au vecteur $\overrightarrow{OV_1} = \vec{v_1} - \vec{I_1} \wedge \vec{v_1}$, $\vec{v_1}$ étant un vecteur constant parallèle à la droite décrite par O_1. C_A est une *hyperbole*. $\overrightarrow{OV_1}$ est indépendant de (a, ϖ).

c. Supposons $\vec{I_1}$ et $\vec{I_2}$ invariables. Pour a fixe sur s, C_A est ici une *droite* D_A, parallèle au plan OV_1V_2, avec $\overrightarrow{OV_2} = \vec{v_2} - \vec{I_2} \wedge \vec{v_2}$, $\vec{v_2}$ étant un vecteur constant parallèle à la droite décrite par O_2. Les droites M_1M_2A, F_1F_2A, G_1G_2A engendrent trois *paraboloïdes hyperboliques*, dont D_A est une génératrice commune. $\overrightarrow{OV_2}$, comme $\overrightarrow{OV_1}$, est indépendant de (a, ϖ).

Si $\overrightarrow{OV_1}$ et $\overrightarrow{OV_2}$ ont le même support, les droites D_{M_1}, D_{F_1}, D_{G_1}, D_{M_2}, D_{F_2}, D_{G_2}, D_A

---

(2) Nous ne parlons, pour chaque cas envisagé, que de ce qui concerne les conditions les plus générales correspondantes.

relatives à *tous* les points de s sont *parallèles* au support commun de $\overrightarrow{OV_1}$ et de $\overrightarrow{OV_2}$, et les paraboloïdes deviennent des plans.

d. Supposons $\overrightarrow{I_1}$, $\overrightarrow{I_2}$ et $\overrightarrow{OO_1}$ invariables. Pour a fixe sur s, M_1, F_1, G_1 sont fixes et tous les plans Π passent par F_1G_1. Les paraboloïdes deviennent encore des plans. Les droites D_{M_2}, D_{F_2}, D_{G_2}, D_A relatives à *tous* les points de s sont *parallèles* à $\overrightarrow{OV_2}$.

e. Supposons $\overrightarrow{OO_1}$ et $\overrightarrow{OO_2}$ invariables. Pour a fixe sur s, M_1M_2A, F_1F_2A, G_1G_2A engendrent trois *paraboloïdes hyperboliques* et C_A est une *hyperbole* commune à ces quadriques.

f. Supposons $\overrightarrow{I_1}$, $\overrightarrow{OO_1}$ et $\overrightarrow{OO_2}$ invariables.

Pour a fixe sur s, M_1, F_1, G_1 sont fixes et tous les plans Π passent par F_1G_1. Les paraboloïdes deviennent respectivement des *plans* P, P′, P″ et le lieu de A est une *droite*.

Quand a se déplace sur s, cette droite engendre une congruence dont *les développables correspondent aux asymptotiques de s* et les plans P′ et P″ sont les *plans focaux* de la droite. Les développables découpent sur *chaque* surface S un *réseau conjugué*.

III. Dans une autre Note ([3]), nous avons examiné des cas où O_1 et O_2 sont fixes et confondus.

IV. On peut aisément traiter, d'une manière analogue, sous réserve des changements nécessaires, le cas où la surface s est *développable*.

THÉORIE DE L'ÉLASTICITÉ. — *Sur le flambement des poutres droites à section constante et à moment d'inertie variable.* Note ([1]) de M. **Florin Vasilesco**, présentée par M. Paul Montel.

Dans une Note précédente ([2]) ont été exposés les principes d'une méthode générale appliquée à la recherche de la charge critique. La poutre était supposée simplement chargée de bout. Elle sera soumise, en outre, ici, et tout d'abord, à l'action d'une charge unitaire constante en chacun de ses points et normale à la fibre moyenne, soit P/L (pour les notations voir ladite Note). Cela équivaut à l'application d'un moment de flexion variant paraboliquement avec l'abscisse x. Il n'est plus question de déterminer une charge critique mais le moment de flexion total maximum de la poutre car le flambement existe. La fonction $I(u)$ sera supposée paire et c'est naturel. La fibre moyenne déformée, Γ,

---

([3]) *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 620.

([1]) Séance du 27 octobre 1947.

([2]) *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 716.

sera une courbe paire et la fonction $\varphi(u)$ une solution de l'équation intégrale

$$I(u)\varphi(u) = \frac{P\,l^3}{32\,EI_0}(1-u^2) - \frac{F\,l^2}{4EI_0}\int_{-1}^{u} du \int_0^u \varphi(u)\,du,$$

ou encore la solution paire $\Phi(u)$ de l'équation différentielle obtenue par une double dérivation et assujettie à la condition $\Phi(1)=0$. La courbure de Γ en A et B est donc encore nulle. La fonction $\Phi(u)$ a pour expression

$$\Phi(u) = \frac{P\,l^3}{32\,E\mathcal{I}}\,\frac{g(1)X_1(u) - g(u)X_1(1)}{X_1(1)},$$

avec

$$g(u) = u^2 - \lambda\int_0^u du\int_0^u \frac{u^2}{I(u)}du + \lambda^2\int_0^u du\int_0^u \frac{du}{I(u)}\int_0^u du\int_0^u \frac{u^2}{I(u)}du\ldots,$$

et $X_1(u)$ la série (2) de la Note rappelée. Les séries sont entières en λ. Le moment de flexion total $G(u)$ a pour expression

$$G(u) = -\frac{P\,l}{8}\,\frac{g(1)X_1(u) - g(u)X_1(1)}{X_1(1)}.$$

Le maximum de sa valeur absolue s'obtiendra selon les méthodes algébriques habituelles, dans chaque cas. Toutefois son calcul exact est inutile en pratique par suite de l'application des coefficients de sécurité.

Cependant, les ingénieurs ont l'habitude de se donner non plus les charges appliquées à la poutre (autres que F) mais leurs moments de flexion. C'est pourquoi, un problème général, envisagé sous cet aspect, sera étudié maintenant. La poutre sera soumise à une charge de bout F et à un moment de flexion variable avec l'abscisse x, $G(x)$. Le moment d'inertie $\mathcal{I}$ de la poutre pourra varier d'une façon quelconque et $G(x)$ sera supposé nul en A et négatif (par rapport à un système d'axes $Axyz$) comme c'est souvent le cas dans la pratique. La courbe Γ aura une ordonnée négative; l'équation de l'équilibre élastique montre la nullité de sa courbure en A mais non en B.

L'étude mathématique s'appuie sur la considération de la courbe CA, soit Γ', symétrique de Γ par rapport à A et par la définition en tout point m', symétrique de m, d'un moment d'inertie égal à celui en m et d'un moment de flexion opposé à celui de m. Tout se passe alors comme s'il s'agissait d'une poutre CB de longueur 2L, à moment d'inertie symétrique, à laquelle est appliqué un moment de flexion impair $G(x)$; de plus la déformation de la fibre moyenne est impaire. Les notations $\mathcal{I}$, I_0, $I(u)$ seront relatives à cette poutre CB. Il sera posé $G(x) = F.\,G_1(u)$ par souci d'homogénéité, et $G_1(u)$ sera impaire. La fonction impaire $\varphi(u)$ relative à CB satisfera à l'équation de l'équilibre élastique

$$I(u)\varphi(u) + \frac{F\,l_1^2}{4EI_0}\left[G_1(u) + \int_0^u du\int_0^u \varphi(u)\,du + Cu\right] = 0 \qquad (l_1 = 2l).$$

Elle sera considérée sous la forme équivalente

$$I(u)y''(u) + \frac{Fl_1^2}{4EI_0}y(u) + \frac{Fl_1^2}{4EI_0}G_1(u) = 0,$$

afin d'éviter l'hypothèse supplémentaire $G_1''(0) = 0$. La solution unique recherchée s'écrit

$$y = \frac{Y(u)\,y_2(1) - Y(1)\,y_2(u)}{y_2(1)},$$

où $y_2(u)$ représente la série entre crochets de $\Psi(u)$ (Note citée) dans laquelle $\lambda_1 = (Fl_1^2/4EI_0)$ et où $Y(u)$ est

$$Y(u) = -\lambda_1\int_0^u du\int_0^u \frac{G_1(u)}{I(u)}du + \lambda_1^2\int_0^u du\int_0^u \frac{du}{I(u)}\int_0^u du\int_0^u \frac{G_1(u)}{I(u)}du - \ldots.$$

Le moment de flexion total a pour expression

$$\mathcal{G}(u) = F\,\frac{y_2(1)\,G_1(u) + y_2(1)\,Y(u) - Y(1)\,y_2(u)}{y_2(1)}$$

et doit être considéré pour $0 \leqq u \leqq 1$.

Remarque. — Dans l'expression de $\mathcal{G}(u)$ interviennent les fonctions $y_2(u)$ et $Y(u)$. La première dépend de la seule poutre donnée et peut être calculée une fois pour toutes; tandis que la seconde dépend, en plus, des circonstances de son utilisation par $G_1(u)$. Mais toutes les deux sont solutions particulières de certaines équations différentielles. En pratique, il sera souvent plus simple de rechercher directement de telles solutions dont la théorie générale utilise les développements suivant des séries entières plus ou moins faciles à manier. Cette remarque s'applique à tous les problèmes envisagés ici.

Si, à la place de $G(x)$, il y avait deux moments, l'un impair $G_1(x)$ et l'autre pair $G_2(x)$, la méthode conduirait à une expression du moment total constituée par une somme de deux expressions analogues à celles de $\mathcal{G}(u)$, où les $Y(u)$ auraient la même forme et contiendraient respectivement $G_1(u)$ et $G_2(u)$ tandis que les $y(u)$ représenteraient les formules entre crochets des expressions de $\Phi(u)$ et de $\Psi(u)$. Ces résultats seront développés dans un Mémoire ultérieur.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Application du mouvement relatif autour du centre de gravité à une formule de l'écoulement global dans une tuyère.* Note [1] de M. **Fernand Tesson**, présentée par M. Georges Darrieus.

L'application du principe de la conservation de l'énergie dans le mouvement relatif ($\mathcal{M}$) d'une particule fluide autour de son centre de gravité (ou plus exactement autour d'un point O coïncidant à l'instant t avec son centre de gravité), peut fournir directement, comme A. Stodola [2] l'a montré dans un cas parti-

(1) Séance du 20 octobre 1947.

(2) *Turbines à vapeur et à gaz*, traduit par E. Hahn, Paris, 1923, 2e vol., pp. 824-825. Voir également les travaux de Boussinesq (*Leçons synthétiques de Mécanique générale*, pp. 117 et suiv.)

culier, une relation fondamentale de l'écoulement dans les tuyères. La démonstration ci-dessous est générale.

1° *Mouvement relatif de la particule.* — Écrivons que l'énergie se conserve dans le mouvement ($\mathfrak{M}$) rapporté à des axes de direction fixe (x_i) passant par O. La puissance des forces de masse $\vec{F}$ pour un volume particulaire Ω, $\delta\vec{V}$ étant la vitesse relative et ρ la masse spécifique en un point M, est :

$$\iiint \rho\vec{F}.\,\delta\vec{V}\,d\omega = \vec{F}_0\left(\frac{\partial\vec{V}}{\partial x_i}\right)_0 \iiint \rho x_i\,d\omega + \ldots.$$

$\iiint \rho x_i\,d\omega$ est nul par hypothèse; les termes suivants sont au moins du cinquième ordre par rapport aux coordonnées. Il en est de même pour la puissance des forces d'inertie d'entraînement.

Soit $\vec{n}$ la normale dirigée vers l'intérieur. Avec la relation classique des pressions

$$\pi_{ni} = \cos(n, j)\pi_{ji},$$

la puissance des forces de pression pour la surface particulaire Σ est

$$\iint_\Sigma \vec{\pi}_n.\delta\vec{V}\,d\sigma = \iint_\Sigma \cos(n, j)\pi_{ji}\,\delta u_i\,d\sigma = -\iiint_\Omega \frac{\partial}{\partial x_j}(\pi_{ji}\delta u_i)\,d\omega$$
$$= -\iiint\left[\frac{\partial\pi_{ji}}{\partial x_j}\delta u_i + \pi_{ji}\frac{\partial(\delta u_i)}{\partial x_j}\right]d\omega,$$

où

$$\delta u_i = \left(\frac{\partial u_i}{\partial x_k}\right)_0 x_k + \ldots.$$

En négligeant les infiniment petits d'ordre quatre, cette expression devient

$$-\iiint \pi_{ji}\left(\frac{\partial u_i}{\partial x_k}\right)_0 \frac{\partial x_k}{\partial x_j}\,d\omega,$$

soit, suivant une expression de M. Martinot-Lagarde, pour une sous-particule de volume élémentaire $d\omega$,

$$-\pi_{ji}\left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j}\right)_0 d\omega \quad \text{ou} \quad -(\pi)\,\mathrm{def}\,\vec{V}\,d\omega \quad (^3).$$

D'autre part, la dérivée par rapport au temps de l'énergie cinétique est du quatrième ordre.

---

(3) $(\pi)\,\mathrm{def}\,\vec{V}$ est le produit tensoriel contracté du tenseur symétrique des pressions (π) par le tenseur symétrique de déformation de vitesse dont les composantes sont

$$\frac{1}{2}\left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i}\right).$$

Finalement, en ne prenant que les quantités du 3e ordre et en désignant par $D'Q_c$ et U respectivement la différentielle de la chaleur reçue par conductibilité et l'énergie interne par unité de masse,

$$D'Q_c = DU + \frac{(\pi)\,\mathrm{def}\,\vec{V}}{\rho}\,dt.$$

En séparant dans (π) les forces de frottement [tenseur (τ)] de la pression moyenne (trace p),

$$D'Q_c = DU + p\,D\left(\frac{1}{\rho}\right) + \frac{(\tau)\,\mathrm{def}\,\vec{V}}{\rho}\,dt, \tag{1}$$

$DQ_f = -\left[(\tau)\,\mathrm{def}\,\vec{V}/\rho\right] dt$ étant la dissipation par unité de masse pour un temps dt.

2° *Mouvement permanent global dans une tuyère.* — Dans le cas du mouvement permanent dans une portion de tuyère Ω comprise entre deux sections d'écoulement S et S', on montre facilement que, m étant un scalaire fonction du lieu et du temps et tel que $(\partial m/\partial t) = 0$, on a

$$\iiint_\Omega \rho \frac{Dm}{dt}\,d\omega = \mathrm{flux}_{S'}\, m\rho\vec{V} - \mathrm{flux}_S\, m\rho\vec{V} = (\overline{m}_{S'} - \overline{m}_S)\mathcal{D}, \tag{2}$$

ce flux étant compté dans le sens de l'écoulement et en définissant avec A. Busemann (¹) une valeur moyenne

$$\overline{m}_S = \frac{\mathrm{flux}_S\, m\rho\vec{V}}{\mathcal{D}},$$

où $\mathcal{D}$ est le débit masse.

Intégrons terme à terme (1) après avoir multiplié les deux membres par ρ.

Si nous considérons un tronçon $\Delta\Omega$ de la tuyère, compris entre les sections S et S', nous pouvons appliquer la transformation (2) aux termes DU, DQ_f de (1). Choisissons des surfaces normales aux lignes de courant et admettons que la pression y soit constante; soit p_{S_m} une pression moyenne correspondant à une section S_m comprise entre S et S', nous avons en posant $1/\rho = v$,

$$\iiint_{\Delta\Omega} \rho p\, D\left(\frac{1}{\rho}\right) d\omega = p_{S_m} \iiint_{\Delta\Omega} \rho\, D\left(\frac{1}{\rho}\right) d\omega = p_{S_m}(\bar{v}_{S'} - \bar{v}_S)\,\mathcal{D}.$$

Quand S' tend vers S, on peut, à des infiniment petits près, remplacer p_{S_m} par p_S et l'équation (1) devient finalement

$$dQ_e + d\overline{Q}_f = d\overline{U} + p\,d\bar{v},$$

relation écrite souvent sans justification dans l'écoulement *global* d'une tuyère.

(¹) *Handbuch der Experimental Physik*, **4**, I, p. 355.

ÉLECTRICITÉ. — *Calcul des filtres prototypes.*
Note [1] de M. **P. Grassot**, transmise par M. René Barthélemy.

Généralités. — On sait [2] que l'affaiblissement d'insertion d'un quadripôle symétrique non dissipatif entre une source, de résistance interne R_S et une résistance de charge R_R, est un nombre complexe $\vec{\mathcal{A}}$ dont la partie réelle et la partie imaginaire sont données par

$$\mathcal{A}_x = 1 + \frac{X_A}{X_B} = 1 + \frac{X_C}{X_D}, \tag{1}$$

$$j\mathcal{A}_y = \frac{j}{2}\left(\frac{X_D}{R_T} - \frac{R_T}{X_B}\right). \tag{2}$$

Dans cette formule, X_A est la réactance du bras série, et X_B celle du bras dérivation, du T équivalent au quadripôle, X_C est la réactance du bras dérivation et X_D celle du bras série, du π équivalent au quadripôle. En outre

$$R_T = \sqrt{R_S R_R} \quad \text{et} \quad \Delta = \frac{1}{2}\left(\sqrt{\frac{R_S}{R_R}} + \sqrt{\frac{R_R}{R_S}}\right).$$

Les expressions 1 et 2 permettent de construire le diagramme représentant le lieu géométrique du point $\vec{\mathcal{A}}$ lorsque la fréquence varie de 0 à ∞, ce qui donne géométriquement le module $|\mathcal{A}|$ et l'argument $\widehat{\mathcal{A}}$ de $\vec{\mathcal{A}}$, pour toute fréquence, sans aucune hypothèse simplificatrice.

Application aux filtres. — Nous nous limitons ici au cas des filtres prototypes à une ou à deux cellules, terminés par deux résistances égales entre elles et adaptées au filtre. Si X_G et X_H désignent deux réactances inversement proportionnelles (c'est-à-dire dont le produit est une constante négative indépendante de la fréquence), ces filtres sont représentés, sous leur forme la plus générale, par les figures 1 et 2, 3 et 4 du tableau ci-après.

Les résistances terminales étant égales, $\Delta = 1$. D'autre part, si le filtre est adapté, on a, en posant

$$X_G = nR_Q \quad \text{et} \quad X_H = -\frac{R_Q}{n},$$

$$R_Q = \sqrt{R_S R_R} = R_T.$$

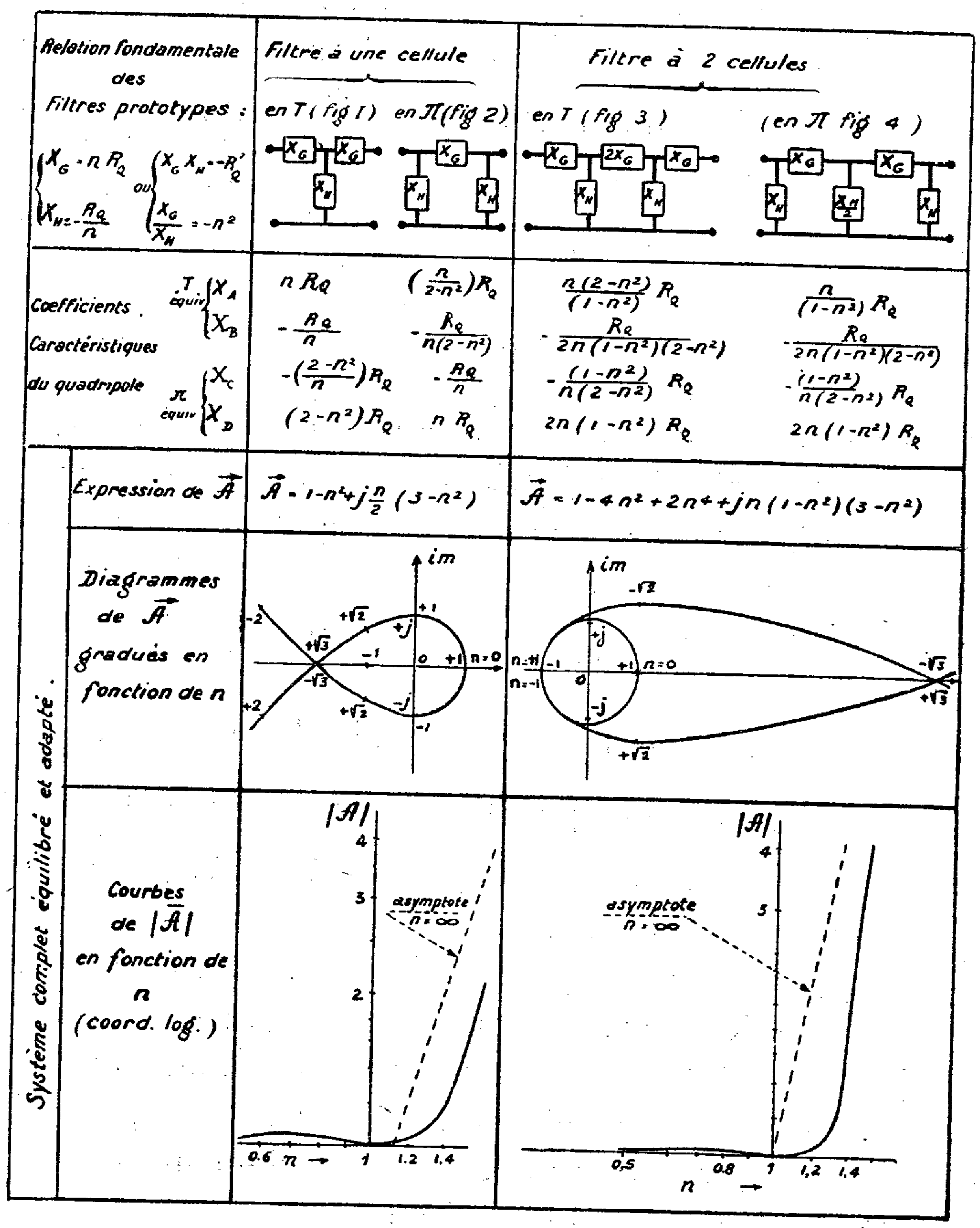
Le tableau donne également les réactances X_A et X_B (bras du T équivalent) ainsi que X_C et X_D (bras du π équivalent) en fonction de R_Q et n. (Pour les figures 3 et 4 ces expressions s'établissent facilement à l'aide du théorème de

---

(1) Séance du 13 octobre 1947.
(2) P. Grassot, *Théorie du quadripôle encadré linéaire* (*R. G. E.*, nov. 1946).

Kennelly.) D'où, par applications des formules (1) et (2), les valeurs de l'affaiblissement d'insertion des systèmes équilibrés et adaptés

(3) $$\vec{\mathfrak{A}} = 1 - n^2 + j\frac{n}{2}(3 - n^2),$$



pour les filtres à 1 cellule en T ou en π; et

(4) $$\vec{\mathfrak{A}} = 1 - 4n^2 + 2n^4 + jn(1 - n^2)(3 - n^2),$$

pour les filtres à 2 cellules en T ou en π.

Le tableau donne enfin l'allure des diagrammes de $\vec{\mathfrak{A}}$ en fonction de n, et des courbes de $|\mathfrak{A}|$ en fonction de n.

Remarques. — 1° Ces résultats sont indépendants de la structure interne des bras X_G et X_H. Si l'on connaît celle-ci, on en déduit la variation de n avec la fréquence.

Si par exemple $X_G = \omega L$, et $X_H = -1/\omega C$, on a $n = \omega\sqrt{LC}$, et le filtre est un passe-bas.

Si $X_G = -1/\omega C$, et $X_H = \omega L$, on a $n = -1/\omega\sqrt{LC}$ et le filtre est un passe-haut, etc.

2° Ces résultats confirment, en les précisant, ceux de la théorie classique des filtres. Ils conduisent directement et sans erreur à la valeur de $|\mathcal{A}|$ à toutes les fréquences, et en particulier au voisinage des frontières, ce qui est d'une grande importance pratique dans la technique des télécommunications.

OPTIQUE ÉLECTRONIQUE. — *Un système correcteur en optique électronique* (1). Note (2) de M. **François Bertein**.

On a montré dans des Notes précédentes (3) que les écarts vis-à-vis de la symétrie de révolution donnent lieu à des aberrations d'une importance prépondérante (ellipticité) dans l'objectif du microscope électrostatique. Nous allons voir ici qu'il est possible de corriger ces défauts, contrairement à ce que l'on observe dans le cas des aberrations classiques (sphérique, chromatique), lesquelles sont irréductibles (du moins chez les lentilles proprement dites). On peut en effet intercaler dans l'instrument un système électrostatique, ou magnétique correcteur, c'est-à-dire possédant des défauts *opposés*, de sorte que l'ensemble n'a plus d'aberration d'ellipticité. Rappelons tout d'abord l'expression de la répartition du potentiel

$$(1') \quad \Phi(r,z,\theta) = \sum_0^\infty \cos m\theta \int_{-\infty}^{+\infty} p(mk)\, e^{ikz}\, I_m(kr)\, dk + \sin m\theta \int_{-\infty}^{+\infty} p'(mk)\, e^{ikz} I_m(kr)\, dk$$

dont nous pouvons déduire la forme du développement, limité au 2e ordre, au voisinage de l'axe Oz

$$(2) \quad \Phi(r,z,\theta) = \Phi_0 + (\Psi_1 s + \overline{\Psi}_1 \bar{s}) + \left(\frac{1}{2}\Psi_2 s^2 - \frac{1}{4}\Phi_0'' s\bar{s} + \frac{1}{2}\overline{\Psi}_2 \bar{s}^2\right)$$

(on pose $s = re^{i\theta}$); les coefficients Φ_0, Ψ_1, Ψ_2 sont fonctions de z seulement.

Exemple de système correcteur σ. — On envisagera le système constitué par un nombre M d'électrodes de formes quelconques mais identiques et disposées suivant une symétrie de répétition d'ordre M autour de Oz.

Si l'on désigne ces électrodes par A_K ($K = 1, \ldots, M$), chacune se déduit de la précédente, A_{K-1}, à l'aide d'une rotation d'angle $a = (2\pi/M)$ autour de l'axe.

Nous supposerons essentiellement M supérieur à 4; la figure représente un cas dans lequel $M = 6$.

(1) Document retiré du pli cacheté n° 12283, déposé le 3 mars 1947, ouvert à la demande de l'auteur, le 13 octobre 1947.

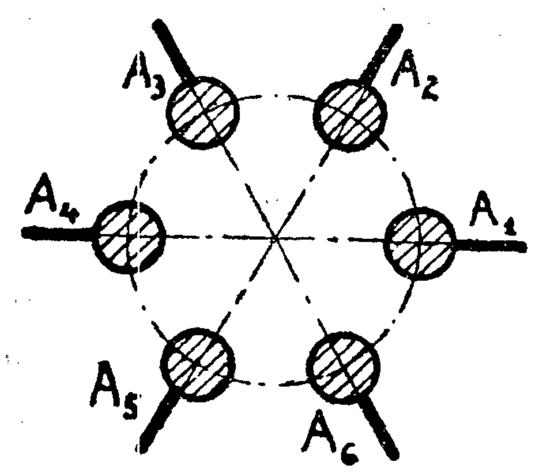
(2) Séance du 20 octobre 1947.

(3) F. Bertein, *Comptes rendus*, 224, 1947, pp. 106 et 560; F. Bertein et E. Regenstreif, *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 737.

En ce qui concerne les tensions V_K appliquées aux diverses électrodes, nous ferons en sorte que l'on ait sensiblement

$$(3)\qquad V_K = v_0 + v_1\cos(K\alpha - \omega_1) + v_2\cos(2K\alpha - \omega_2),$$

v_0, v_1, ω_1, v_2, ω_2 étant cinq constantes dont le rôle sera fondamental.



Si nous appelons alors φ le potentiel créé par σ, φ_0, ψ_1, ψ_2 ses coefficients le définissant à l'aide de la relation (2), on montre que l'on a

$$\varphi_0 = v_0 u_0(z), \qquad \psi_1 = v_1 e^{-i\omega_1} u_1(z), \qquad \psi_2 = v_2 e^{-i\omega_2} u_2(z),$$

où les fonctions u_0, u_1, u_2 ne dépendent que des paramètres géométriques de σ.

On s'en rendra compte par un raisonnement simple fondé sur les propriétés linéaires du potentiel et faisant appel à des éléments imaginaires. Nous supposons tout d'abord les A_K portées à des tensions respectives complexes $e^{iKp\alpha}$ (p entier). Une multiplication de ces nombres par le facteur $e^{ip\alpha}$ revient simplement à faire tourner le système d'un angle $e^{-ip\alpha}$ d'où résulte que dans le développement du potentiel du type (1) m ne peut prendre que certaines valeurs qu'on détermine à l'aide de cette remarque.

Ayant ainsi précisé la structure de ce problème particulier, il nous suffira de multiplier les fonctions par $v_p e^{-i\omega_p}$ et de ne conserver que les parties réelles pour obtenir des indications du même ordre en ce qui concerne le cas où les potentiels de A_K sont du type $v_p\cos(pK\alpha - \omega_p)$. Grâce aux propriétés d'additivité nous pouvons de là remplir les conditions exigées (3), ce qui conduit aux relations (4).

Possibilités offertes par σ; *réglages et corrections.* — Prenons maintenant un instrument centré d'optique électronique Σ; nous tenons compte de ses imperfections de construction, de sorte que (2) représente l'expression du potentiel au voisinage de l'axe Oz, Ψ_1 et Ψ_2 étant petits vis-à-vis de Φ_0. Négligeons les aberrations du troisième ordre; un calcul simple conduit à l'équation des trajectoires $s(z)$

$$\Phi_0 s'' + \frac{\Phi_0'}{2}s' + \frac{\Phi_0''}{4}s - \overline{\Psi}_1 - \overline{\Psi}_2\bar{s} = 0.$$

Les deux derniers termes proviennent des défauts géométriques; celui en $\overline{\Psi}_1$

traduit un simple déplacement des points images dans les plans conjugués, celui en $\overline{\Psi}_2\bar{s}$ exprime l'existence d'un astigmatisme (aberration d'ellipticité); aux points images se substituent des taches de moindre diffusion.

Disposons alors le système d'électrodes σ suivant le même axe Oz et dans une région de Σ initialement vide de champ, c'est-à-dire *à l'extérieur des lentilles*; le potentiel φ se superpose à Φ, de sorte que les trajectoires $s(z)$ de l'instrument global vérifient

$$(\Phi_0 + v_0 u_0)s'' + \frac{\Phi'_0 + v_0 u'_0}{2} s' + \frac{\Phi''_0 + v_0 u''_0}{4} s - (\overline{\Psi}_1 + v_1 e^{i\omega_1}\overline{u}_1) - (\overline{\Psi}_2 + v_2 e^{i\omega_2}\overline{u}_2)\bar{s} = 0.$$

Cette équation montre que le système σ, c'est-à-dire les cinq paramètres v_0, v_1, ω_1, v_2, ω_2 fournissent à l'instrument des *possibilités de réglage et de correction.* Étant donné un point objet, un déplacement du point conjugué image s'obtient en agissant sur v_0. On modifie, d'autre part, la position de l'image dans ce plan suivant les deux dimensions à l'aide de v_1 et ω_1; il est possible d'annuler son décalage dû au terme correctif Ψ_1. On peut enfin, au moyen de v_2 et ω_2, faire varier et *annuler l'astigmatisme d'ellipticité.*

Nous développerons ce dernier point en désignant par f la distance focale de Σ, z_1 l'abscisse du point objet, α la demi-ouverture du faisceau, T(z) l'expression de la trajectoire issue de l'objet sous l'inclinaison $\pi/4$, C_e la constante d'aberration d'ellipticité (1). La limite de résolution pour l'ensemble $\Sigma\sigma$, proportionnelle à l'astigmatisme, est, rapportée au plan objet,

$$\alpha\left|[\Phi_0(z_1)]^{-\frac{1}{2}}\int[\Phi_0(z)]^{-\frac{1}{2}}(\overline{\Psi}_2 + v_2 e^{i\omega_2}\overline{u}_2)[T(z)]^2\,dz\right|.$$

On trouve que cette expression est nulle, c'est-à-dire l'astigmatisme est corrigé pour une valeur convenable de ω_2 et si v_2 satisfait à

$$v_2 = \frac{4C_e\Phi_0(z_1)}{f^2\left|\int u_2\,dz\right|}.$$

Application. — Σ, objectif de microscope; $f = 5^{\text{mm}}$; limite de résolution $10^{\text{m}\mu}$ pour $\alpha = 10^{-3}$ ($C_e = 10^{-2}$ mm), $\Phi_0(z_1) = 50\,000$ volts; σ, ensemble de six sphères de rayon 1^{mm}, disposées sur un cercle de rayon 4^{mm}, à la sortie de l'objectif.

La correction exige $v_2 = 100$ volts, valeur bien inférieure à $\Phi_0(z_1)$, ce qui montre la commodité de mise en œuvre du procédé; par ailleurs, il n'est évidemment pas nécessaire de remplir exactement les conditions énoncées concernant la symétrie du système σ et les tensions V_K.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur le jeu mutuel des réactifs de Liesegang. Éventualité d'anneaux de distribution anormale.* Note (¹) de M^{lle} **Suzanne Veil**, présentée par M. Charles Mauguin.

Dans la précipitation classique de Liesegang, la formation de CrO_4Ag_2, dès la goutte, rend malaisées les localisations individuelles de réactifs. L'interversion des rôles respectifs de NO_3Ag et de $Cr_2O_7K_2$ est plus favorable à l'investigation en laissant, pour des concentrations appropriées, le précipité ne se former qu'à une certaine distance de la goutte ou même ne pas se produire. Les circonstances sont les suivantes.

Les électrolytes confrontés sont directement localisables à la coloration. Autour de l'auréole de diffusion de $Cr_2O_7K_2$, la succion de NO_3Ag, incorporé dans la gélatine, détermine l'apparition d'une couronne limpide. En l'absence même de toute précipitation, cette zone, au cours du temps, s'élargit d'abord jusqu'à un maximum qui peut atteindre l'ordre du centimètre, puis se rétrécit et s'évanouit enfin. La fuite de NO_3Ag devant l'avance de $Cr_2O_7K_2$ rappelle de précédentes observations sur la précipitation électrolytique des colorants [2], sans évoquer en rien des actions électrostatiques entre ions chargés. Les processus semblent plutôt rentrer dans le cadre des influences mutuelles de diffusions simultanées, mises en évidence par Mc Bain et Dawson [3]. Le flou des bords de la couronne limpide s'oppose malheureusement au contrôle précis des vitesses relatives des fronts respectifs de diffusion et de régression de $Cr_2O_7K_2$ et de NO_3Ag.

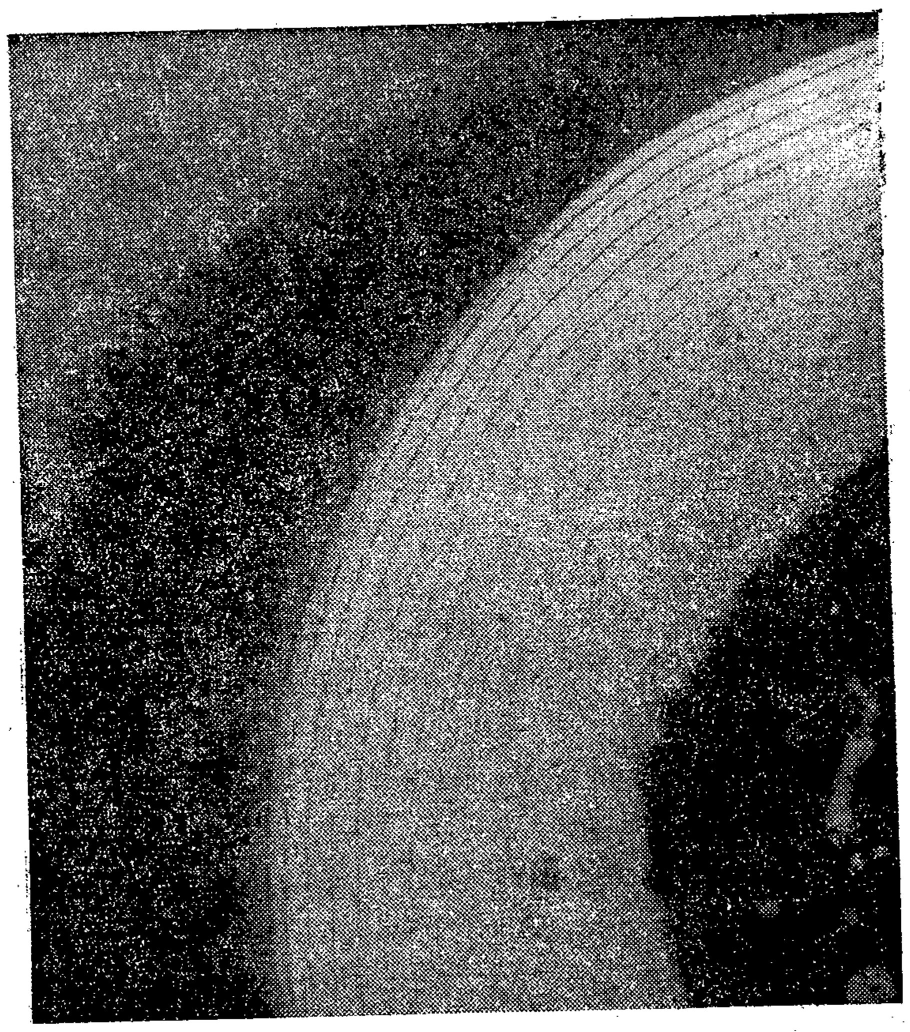
Dans la même expérience, la substitution de CrO_4K_2 à $Cr_2O_7K_2$ affaiblit dans une large mesure la succion de NO_3Ag, tandis qu'au contraire, par emploi d'une solution aqueuse de CrO_3 comme réactif-goutte, la succion de NO_3Ag est très prononcée.

Anneaux de Liesegang de distribution anormale. — L'apposition de CrO_3 aqueux sur de la gélatine imprégnée de NO_3Ag a conduit à rencontrer des anneaux de Liesegang tels que ceux de la figure, formés dans la région du front de régression de NO_3Ag. Il est notoire que les intervalles de ces anneaux ne croissent pas en devenant plus lointains, comme l'exigerait la loi générale de distribution.

L'anomalie de distribution est interprétable sur la base d'observations antérieures [4], par l'occurence d'un gradient de concentration du réactif incorporé, un enrichissement local temporaire du gel en NO_3Ag, une sorte de repli du front de régression de NO_3Ag sur lui même. Le régime semble d'ailleurs assez

(¹) Séance du 27 octobre 1947.
(²) *J. Chim. Phys.*, 30, 1933, p. 266.
(³) *J. Amer. Chem. Soc.*, 56, 1934, p. 52.
(⁴) *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 177.

exceptionnel : en fait, les anneaux anormaux ne sont guère plus fréquemment obtenus que les spirales.



Anneaux de Liesegang de distribution anormale.

Le cas des anneaux de Liesegang de distribution anormale fournit un exemple des suggestions susceptibles d'être apportées par l'analyse plane, et plus précisément par l'étude métrique des périodicités, quant aux cinétiques individuelles en jeu dans une seule et même réaction.

CINÉTIQUE CHIMIQUE. — *Contribution à l'étude de la décomposition de l'acide hypoiodeux.* Note (1) de Mlle **Marie-Louise Josien**, présentée par M. Paul Pascal.

La formation et la décomposition de l'acide hypoiodeux au sein de solutions argentiques d'iode ont déjà été étudiées par nous. Des courbes de disparition du pouvoir oxydant vis-à-vis de l'anhydride arsénieux en milieu alcalin nous ont permis de déterminer l'influence de différents facteurs sur la stabilité de l'acide hypoiodeux (2). D'autre part, il nous a été possible dans certains cas de mettre en évidence la formation d'acide iodeux (3).

Nous avons repris notre étude en vue de déterminer l'ordre de la réaction

(1) Séance du 27 octobre 1947.

(2) *Annales de Chimie*, 2e série, 5, 1936, p. 147.

(3) *Comptes rendus*, 216, 1943, p. 842.

qui entraîne la disparition progressive de l'acide hypoiodeux, formé primitivement suivant l'équation

$$(1) \qquad I_2 + H_2O + RAg \rightarrow IOH + RH + IAg.$$

Les mélanges étudiés formés à l'aide d'eau d'iode correspondent initialement à des concentrations moléculaires par litre de la forme

$$\alpha I_2 + \beta CH_3COOAg + \gamma CH_3COOH.$$

α a varie entre 0,00075 et 0,0002; β a été pris en général du même ordre de grandeur que α; γ, obtenu par addition d'acide acétique et calculé indépendamment de la très petite quantité d'acide mise en liberté dans la réaction (1), a varié entre 0,1 et 2.

Nous avons utilisé pour notre étude cinétique la méthode graphique préconisée par M. Letort (¹). La concentration en acide hypoiodeux à un moment donné a été déterminée grâce à des prélèvements successifs faits dans les mélanges étudiés et versés immédiatement dans des quantités connues d'anhydre arsénieux alcalin, suivant la technique déjà utilisée au cours de nos recherches précédentes.

Une courbe exprimant les variations de la concentration c en acide hypoiodeux en fonction du temps peut alors être tracée. Afin d'atteindre une précision suffisante dans le dessin de la courbe, il est nécessaire de procéder à des déterminations très rapprochées au moins au cours des premières minutes, un prélèvement toutes les quinze secondes dans certains cas.

Sur cette première courbe on détermine, grâce aux tangentes, la vitesse v correspondant à chacun des points expérimentaux, ce qui permet d'établir un second graphique

$$\log v = f(\log c).$$

On sait que si la réaction étudiée admet un ordre n (n entier ou fractionnaire), on doit avoir la relation

$$\log v = n \log c + \text{const.},$$

n étant représenté sur ce second graphique par la pente de la droite obtenue.

Résultats. — 1° *L'évolution des mélanges correspondant à une franche acidité admet manifestement un ordre.* Il faut cependant noter que cet ordre ne se maintient constant que si les solutions sont suffisamment concentrées (α de l'ordre de 0,0005). Pour des solutions plus diluées (α de l'ordre de 0,0002), on obtient au bout de quelques minutes des points qui ne s'alignent plus sur la droite reliant les points correspondant aux premières minutes. Des expériences répétées, multipliant les points figuratifs de la région initiale, et dont le détail sera publié ailleurs, nous permettent cependant d'affirmer que le début de la réaction, même en solutions diluées, présente un ordre.

2° *L'ordre de la réaction de disparition de l'acide hypoiodeux, en milieu acide et en présence d'un excès de sel d'argent, est* 2. La moyenne des résultats de 17

(¹) *Journal de Chimie physique*, 34, 1937, p. 206.

expériences a été trouvée égale à 2,007 avec les valeurs extrêmes 1,95 et 2,05.

Ceci montre que, si la concentration initiale en acide hypoiodeux, la quantité relative d'ions Ag^+, la quantité d'acide acétique libre présent, font varier la vitesse de la réaction ainsi que nous l'avions déjà précisé, l'ordre de la réaction n'est pas modifié pour autant.

3° On sait que M. Letort a été amené dans l'étude de la décomposition de l'acétaldéhyde par la chaleur à distinguer un *ordre en fonction du temps* d'un *ordre en fonction des données initiales* ou *ordre vrai*. Cet ordre vrai s'obtient en établissant le graphique $\log v_0 = f(\log c_0)$: c_0 représentant les concentrations initiales de différents mélanges étudiés à la même température, v_0 la valeur des vitesses initiales correspondantes, extrapôlées à l'aide des premiers graphiques. S'il existe un ordre à l'origine n_0, on obtient

$$\log v_0 = n_0 \log c_0 + \text{const.},$$

n_0 pouvant être différent de n.

Nous avons établi le graphique correspondant à une série de neuf courbes tracées à la température de 17° (±1) et correspondant à des concentrations en acide acétique identiques à 1 % près et pour des concentrations initiales en acide hypoiodeux variant entre 0,0002 et 0,0007, la concentration en ion Ag^+ étant telle que le rapport β/α soit voisin de 2.

Les résultats obtenus sont particulièrement probants; dans le cas étudié, n_0 est identique à n et égal lui aussi à 2.

Il semble donc qu'en milieu acide et en présence d'un excès d'argent, la décomposition de l'acide hypoiodeux se déroule suivant un processus remarquablement simple, au moins au début de la réaction, et les résultats obtenus permettent sans doute, dans ces conditions particulières, l'hypothèse de la formation d'acide iodeux, comme terme intermédiaire dans la dégradation de l'acide hypoiodeux en acide iodique

$$2\,IOH + R.Ag \rightarrow IO_2H + IAg + RH \quad (^3).$$

CHIMIE THÉORIQUE. — *Sur la généralisation de quelques grandeurs de la chimie théorique.* Note [1] de M. RAYMOND DAUDEL.

Soit une molécule quelconque ABCD... dans laquelle l'atome A est voisin des atomes B et C et éloigné de l'atome D.

Représentons (selon la méthode de la mésomérie) la molécule ABCD... par un système de formules contenant des covalences et des électrovalences. Dans ces différentes formules, l'atome A sera le point de départ :

a. de covalences courtes;

b. de covalences longues;

(1) Séance du 20 octobre 1947.

c. d'électrovalences courtes;
d. d'électrovalences longues.

Pour généraliser à ce cas les grandeurs en usage dans le cas où l'on ne tient pas compte des formules contenant des électrovalences, on peut définir :

a. pour la liaison AB :

1° *Un indice de coliaison* I' somme des poids des formules contenant la covalence courte AB.

2° *Un indice d'électroliaison négatif* $\bar{I}''$ somme des formules contenant l'électrovalence courte A^-B^+.

3° *Un indice d'électroliaison positif* $\overset{+}{I}''$ somme des poids des formules contenant l'électrovalence courte A^+B^-.

L'indice de liaison I peut être alors défini par la relation

$$I = I' + \bar{I}'' + \overset{+}{I}''.$$

b. pour l'atome A :

1° Un indice de covalence *libre* J' par la somme des poids des formules contenant une covalence longue partant de A.

2° Un indice de covalence K' par la somme des poids des formules contenant une covalence courte partant de A.

3° Un indice d'électrovalence négative *libre* $\bar{J}''$ par la somme des poids des formules contenant une électrovalence longue rendant A négatif.

4° Un indice d'électrovalence positive *libre* $\overset{+}{J}''$ par la somme des poids des formules contenant une électrovalence longue rendant A positif.

5° Un indice d'électrovalence positive $\overset{+}{K}''$ par la somme des poids des formules contenant une électrovalence courte rendant A positif.

6° Un indice d'électrovalence négative $\bar{K}''$ par la somme des poids des formules contenant une électrovalence courte rendant A négatif.

J' et K' peuvent être groupés pour constituer l'indice de covalence total $L' = J' + K'$.

$\bar{J}''$ et $\bar{K}''$ définiront l'indice d'électrovalence négative totale $\bar{L}'' = \bar{J}'' + \bar{K}''$.

$\overset{+}{J}''$ et $\overset{+}{K}''$ définiront l'indice d'électrovalence positive totale $\overset{+}{L}'' = \overset{+}{J}'' + \overset{+}{K}''$.

Selon les cas, on pourra faire intervenir un indice de valence libre $J = J' + 2\bar{J}''$ ou un indice de valence libre total $\mathcal{J} = J' + 2\bar{J}'' + 2\bar{K}''$.

La charge de l'atome A s'écrit alors

$$Q_A = \left(J'_A + 2\bar{J}''_A + K'_A + 2\bar{K}''_A\right)e = \left(L'_A + 2\bar{L}''_A\right)e = \left[J'_A + 2\bar{J}''_A + \sum_M \left(I'_{AM} + 2\bar{I}''_{AM}\right)\right]e.$$

Évidemment, on peut définir de telles grandeurs pour chacun des types d'électrons intervenant dans les liaisons interatomiques de la molécule.

Le caractère de liaison peut toujours être écrit sous la forme

$$Y_{lm} = \frac{1}{2}\left(\frac{J_l}{L} + \frac{J_m}{M}\right) + I_{lm},$$

L et M étant les nombres des liaisons qui aboutissent respectivement aux atomes l et m.

La propriété fondamentale de Y_{lm} subsiste, à savoir que $2\Sigma Y_{lm}$ représente le nombre total des électrons de la molécule appartenant au type pour lequel les Y_{lm} ont été définis.

On peut enfin appeler pourcent ionique négatif la quantité

$$\bar{Z}_{lm} = \frac{\bar{I}'_{lm}}{I_{lm}},$$

et pourcent ionique positif la quantité

$$\overset{+}{Z}_{lm} = \frac{\overset{+}{I}''_{lm}}{I_{lm}}.$$

Ces définitions se généralisent sans peine aux cas des ions et des radicaux libres. Il suffit de classer dans le groupe des covalences longues les covalences formées avec l'électron fantôme et dans celui des électrovalences longues celles formées avec une charge fantôme.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur le mécanisme d'hydrogénation des diènes acétyléniques aliphatiques à liaisons conjuguées.* Note [1] de M. **Marcel Tuot** et Mme **Marcelle Guyard**, présentée par M. Marcel Delépine.

Cette Note a pour objet l'étude de l'hydrogénation des diènes acétyléniques suivants :

(I) Dipropyl-4.7 décyne-5 diène-3.7 ($C_{16}H_{26}$); (II) Diméthyl-2.7 diisopropyl-3.6 octyne-4 diène-2.6 ($C_{16}H_{26}$); (III) Dibutyl-5.8 dodécyne-6 diène-4.8 ($C_{20}H_{34}$); (IV) Diméthyl-2.9 diisobutyl-4.7 décyne-5 diène-3.7 ($C_{20}H_{34}$).

La saturation des liaisons multiples par l'hydrogène, en présence de noir de platine ou de nickel de Raney, n'est possible, sous la pression atmosphérique, que pour les carbures (I) et (III); les carbures très ramifiés (II) et (IV) conduisent à des alcènes.

Étant donnée la symétrie des molécules, on ne pouvait guère admettre, *a priori*, une hydrogénation partielle du diène à structure symétrique qui proviendrait de la saturation totale de la liaison acétylénique, conduisant à des alcènes de structure dissymétrique (Exemple : diméthyl-2.7 diisopropyl-3.6 octène-2). En effet, s'il existe un empêchement stérique notable pour certaines

(1) Séance du 27 octobre 1947.

structures [composé (II) en particulier], susceptible d'inhiber la réaction d'hydrogénation, cet effet se traduirait par l'isolement d'un diène et non d'un alcène. Or, l'expérience montre que le terme final de l'hydrogénation (pression atmosphérique) est constitué, suivant les structures, par l'alcane ou l'alcène.

L'expérience montre encore que la vitesse d'hydrogénation de la liaison acétylénique est nettement supérieure à celle de la liaison éthylénique et que le premier stade de l'hydrogénation des diènes acétyléniques doit être constitué par la formation de triènes à liaisons conjuguées. On sait ([2]) que l'hydrogénation catalytique des systèmes à liaisons conjuguées, en présence de noir de platine, n'est pas sélective et qu'en particulier on n'observe pas l'hydrogénation en position 1-4 des alcadiènes 1-3, contrairement à ce qui se passe quand on opère avec l'hydrogène naissant.

La fixation d'hydrogène en position 1-4 sur le triène à liaisons conjuguées, conduirait à un diène 1-4 (liaisons éthyléniques non conjuguées). La facilité d'hydrogénation ultérieure de ce diène serait alors liée au degré de substitution des atomes de carbone doublement liés. Par conséquent, dans le cas des composés (I) et (III), la vitesse d'hydrogénation des diènes, formés intermédiairement, devrait être nettement supérieure à celle du triène. Or, l'hydrogénation catalytique (nickel de Raney) indique une variation inverse. D'autre part, ce mécanisme n'explique pas, par exemple, la difficulté de saturation totale du composé (IV) où des liaisons éthyléniques situées en position 3 et 5 présenteraient des empêchements stériques analogues.

Un second mécanisme d'hydrogénation du triène symétrique est la fixation d'hydrogène en position 1-6, donnant naissance à un nouveau système à liaisons conjuguées, dont l'hydrogénation ultérieure conduirait à un alcène symétrique. Dans le cas particulier du composé (II), la considération des polarités des atomes de carbone voisins de la liaison éthylénique de l'alcène, attribue à ce composé un état électronique ressemblant quelque peu à celui des composés éthyléniques comportant une double liaison située entre deux noyaux, composés pour lesquels l'hydrogénation catalytique n'a pas lieu dans les conditions normales.

Ces considérations nous ont conduits à proposer pour l'hydrogénation des diènes acétyléniques aliphatiques à liaisons conjuguées le mécanisme suivant : 1° hydrogénation partielle de la triple liaison conduisant à des triènes à liaisons conjuguées; 2° saturation par l'hydrogène des atomes de carbone situés en position 1-6 avec apparition corrélative de doubles liaisons en position 1-3; 3° hydrogénation des alcadiènes 1-3 donnant naissance à des alcènes de structure symétrique; 4° hydrogénation des alcènes en alcanes.

L'hydrogénation catalytique, effectuée en présence de nickel de Raney, est suffisamment sélective pour permettre l'étude du mécanisme de réaction.

([2]) G. Vavon et M. Jakes, *Bull. Soc. Chim.*, **41**, [4], 1927, pp. 81 et 1598.

L'examen des constantes physiques, des produits d'oxydation et des spectres d'absorption infrarouges des composés intermédiaires permet de vérifier qualitativement le mécanisme proposé.

Dans un autre travail ([3]), nous donnons les constantes physiques des composés intermédiaires et nous exposons un essai de théorie du mécanisme d'hydrogénation.

GÉOPHYSIQUE. — *La séismicité du littoral algérien et l'isostasie.* Note ([1]) de M. **Jean Lagrula**, présentée par M. Pierre Lejay.

Sur la carte des épicentres de la côte barbaresque (Montessus de Ballore), confirmée par des travaux plus récents (Mme Hée, Veselovsky), on remarque la concentration quasi exclusive des secousses du littoral nord-africain dans la zone où l'isobathe de 2500^m se rapproche du continent. L'aire d'instabilité possède, de Nemours à Bône, une longueur au moins décuple de sa largeur moyenne, et fait face à une fosse marine.

De part et d'autre du littoral algérien ont été réalisés deux réseaux gravimétriques, l'un en mer par les Ingénieurs hydrographes Marti et Anthoine (appareil du type Vening-Meinesz), l'autre sur terre au moyen d'un pendule inversé Holweck-Lejay. Voici ce que montre une représentation d'ensemble des anomalies de Bouguer :

1° Le long du littoral, les anomalies sont fortement positives. Elles s'élèvent en plusieurs stations à + 100 milligals.

2° Sur le territoire algérien, au fur et à mesure qu'on s'éloigne de la côte, on voit les anomalies diminuer. Elles deviennent nulles, puis négatives. La distance au littoral de l'isanomale zéro est d'une trentaine de kilomètres aux frontières marocaine et tunisienne; elle passe par un maximum (60^{km} environ) au sud d'Alger.

3° En mer, au fur et à mesure qu'on s'éloigne de la côte, on voit également les anomalies diminuer. Elles sont négatives dans une zone commençant sensiblement au large de la frontière marocaine, et finissant sensiblement au large de la frontière tunisienne, avant l'île de La Galite où j'ai observé l'anomalie + 70 milligals. Cette zone présente des irrégularités dont le détail ne peut pas être précisé, étant donnée la densité actuelle du réseau maritime.

Que les anomalies diminuent sur le continent, qu'elles deviennent négatives et le restent jusqu'au delà du Hoggar, ce sont là des résultats conformes aux prévisions isostatiques. On ne peut en dire autant de la diminution également

([3]) M. Tuot et Mme M. Guyard, *Bull. Soc. Chim.*, 14, [5], 1947, nov.-déc.; M. Tuot, *ibid.*, à paraître.

([1]) Séance du 20 octobre 1947.

constatée en mer, où nous rencontrons une zone négative A, assimilable schématiquement à une bande de 50^{km} de large, légèrement incurvée : sa ligne médiane, située à une cinquantaine de kilomètres du littoral, au large des deux frontières, c'est-à-dire à ses extrémités, s'en éloigne jusqu'à 150^{km} environ entre Alger et les îles Baléares.

Sur le littoral, en face de cette zone négative, apparaît une zone positive. L'isanomale $+50$ milligals délimite une bande B, encore plus étroite que A, qui débute 30^{km} à l'ouest d'Oran et semble se terminer à l'est de Bône; il n'est pas possible, pour le moment, de savoir si l'île de La Galite constitue une singularité isolée ou appartient à un prolongement marin de la zone B.

Le réseau terrestre est assez dense pour apporter la certitude que les anomalies, en Algérie, augmentent effectivement jusqu'au littoral. Le réseau maritime ne permet pas une conclusion aussi catégorique. En tous cas les anomalies examinées suivant un profil normal à la côte, présentent un maximum soit exactement sur le littoral, soit à quelques kilomètres au large. En tenant compte de l'ampleur des transgressions et régressions de l'époque tertiaire, on est tenté d'admettre que nos anomalies de Bouguer sont liées à des phénomènes géologiques dont l'âge ne dépasserait pas quelques centaines de siècles. Il s'agirait d'une réaction rapide du sial et du sima à une surcharge locale. La zone A ne serait autre que la fosse de sédimentation des matériaux en provenance de l'Algérie : le sous-sol méditerranéen y aurait subi un affaissement, et le sima comprimé serait remonté sous le littoral. L'hypothèse d'Airy permet de calculer la différence des épaisseurs p et p' du sial sous le littoral et sous la fosse marine, dans le cas de l'équilibre isostatique : $p - p'$ est positif et ne dépend guère de la valeur adoptée pour p; les anomalies de la pesanteur permettent ensuite. en adoptant la structure schématique d'Airy dans le sens vertical, et en tirant parti de la simplicité naturelle du phénomène en projection cartographique, de calculer les corrections $-\Delta p$ et $+\Delta p'$ qui représentent le déséquilibre. Si des considérations d'ordre géologique nous apportent la détermination de la surcharge sédimentaire en fonction du temps, nous disposerons d'un ensemble de données numériques concernant un problème fondamental de géodynamique. Les indications sur les propriétés mécaniques de l'écorce terrestre et du magma fournies par la solution de ce problème auraient le même degré de validité que le schéma isostatique utilisé.

La zone d'anomalies positives du littoral algérien n'est autre que l'aire d'instabilité de Montessus de Ballore. Nous sommes en présence d'une importante corrélation entre phénomènes séismiques et anomalies de la pesanteur. Il convient de noter que la région du *Hodna*, pour laquelle une telle corrélation a fait l'objet d'une précédente communication, comporte un déséquilibre isostatique inverse de celui de la région littorale. Il sera très intéressant de rechercher si les séismes de ces deux régions manifestent des différences systématiques, en particulier, si les foyers du Hodna sont en moyenne plus profonds

que ceux du littoral. Je ne dispose pas, pour le moment, d'une documentation suffisante sur cette question.

Conclusion. — On entrevoit la possibilité de caractériser les aires d'instabilité par des nombres moins arbitraires que ceux des statistiques séismologiques.

MÉTÉOROLOGIE. — *Sur l'altitude de la base de l'atmosphère libre.* Note de M. **Jean Roulleau.**

L'altitude à laquelle commence l'atmosphère libre, c'est-à-dire la partie de l'atmosphère où les effets perturbateurs provoqués par le relief terrestre peuvent être considérés comme négligeables, a été étudiée par différents auteurs, dont les résultats ne concordent pas. C'est ainsi par exemple que Dobson (1) estime que la vitesse et la direction du vent géostrophique sont en général toutes deux atteintes à 800^m, tandis que Seeliger (2) constate que l'écart de direction entre le vent réel et le vent du gradient ne devient inférieur à 1° qu'à partir de 1500^m. Par ailleurs, Peppler (3) a montré que la rotation du vent avec l'altitude ne devient négligeable qu'à partir de 3000^m en été, et de 2000^m en hiver. Nous nous sommes proposé d'étudier la cause de ces divergences.

Les mesures de la plupart des auteurs qui ont étudié cette question présentent un caractère commun : elles résultent de moyennes effectuées sur des observations très disparates, faites sur des vents de vitesse ou de direction quelconques, à toutes heures de la journée et en toutes saisons. Nous avons pensé qu'il fallait chercher là la cause principale des écarts notables cités plus haut : il paraît en effet raisonnable de supposer que la couche perturbatrice due au relief s'étend plus ou moins haut suivant les conditions météorologiques.

Dans ce but, parmi les 4000 sondages de vent par ballon pilote, effectués à Tours pendant la décade 1925-1935 1° nous avons choisi les sondages correspondant en altitude à des directions Est et Ouest (à $\pm$ 20° près); 2° ces derniers ont été classés d'après la vitesse du vent en altitude; 3° ils ont été répartis en sondages du matin (aux environs de 8^h TMG), du soir (aux environs de 17^h TMG), et de la nuit; 4° enfin, tous les cas qui correspondaient soit à une variation évidente de la configuration isobarique en altitude, soit à une déformation notable des isobares dans les vingt-quatre heures qui suivaient le sondage, soit enfin à une turbulence élevée, ont été éliminés.

Ayant ainsi réuni des ensembles homogènes de sondages, nous avons fait la moyenne des vitesses et des directions pour chaque altitude de 100^m en 100^m.

(1) *Quart. Journ.*, **40**, 1914, pp. 123-135.

(2) *Beitr. z. Phys. d. freien. Atmosp.*, **24**, 1938, pp. 130-148.

(3) *Arbeit d. Preuss. Aero. observ. b. Lindenberg*, XIII, 1919, pp. 50-65.

La détermination de l'altitude à laquelle commence l'atmosphère libre exige la connaissance de l'altitude à laquelle le vent réel devient égal au vent géostrophique. Or celle-ci présente une difficulté, car l'absence de cartes isobariques en altitude ne permettait pas de calculer directement la vitesse et la direction du vent géostrophique. Pour s'assurer qu'à une altitude donnée le vent réel coïncide avec le vent géostrophique nous avons donc été conduit à utiliser deux propriétés caractéristiques de ce dernier : 1° sa direction ne doit pas varier avec l'altitude (puisque nous avons éliminé les cas de déformation isobarique); 2° sa vitesse u doit varier avec l'altitude z conformément à l'équation classique.

$$\frac{\partial u}{\partial z} = \frac{u}{\mathrm{T}}\frac{\partial \mathrm{T}}{\partial z} - \frac{g}{2\omega\sin\varphi}\frac{1}{\mathrm{T}}\frac{\partial \mathrm{T}}{\partial y},$$

où T représente la température absolue à l'altitude z, g l'accélération de la pesanteur, ω la vitesse angulaire de rotation de la Terre, φ la latitude du lieu d'observation, $\partial \mathrm{T}/\partial y$ le gradient horizontal de température mesuré sur un axe tangent au méridien du lieu et orienté vers le Nord; u est connu expérimentalement, ainsi que T. La détermination de $\partial \mathrm{T}/\partial y$ est assez délicate : nous l'avons faite sur des cartes d'isothermes moyennes à 1000^{m} d'altitude, tracées pour les jours correspondant à ceux des sondages utilisés dans chaque cas, et corrigées du gradient vertical $0°,5$ par 100^{m}.

La pente $\partial u/\partial z$ est donc calculable d'après ces données; on peut d'autre part la déterminer expérimentalement d'après la courbe donnant u en fonction de z.

On vérifie qu'à partir d'une certaine altitude, le vent a bien une direction constante, et que son gradient vertical obéit bien à l'équation citée ci-dessus. C'est cette altitude H qui est définie comme le début de l'atmosphère libre.

Nous avons constaté que cette altitude présente les deux particularités suivantes :

1° H varie, mais de façon peu importante, avec la vitesse du vent.

Par exemple, dans le cas des vents d'Est et pour les sondages du matin, $\mathrm{H} = 900^{\mathrm{m}}$ pour $u \leqq 6\,\mathrm{m/s}$ et $\mathrm{H} = 1200^{\mathrm{m}}$ pour $7\,\mathrm{m/s} \leqq u \leqq 12\,\mathrm{m/s}$.

2° H varie fortement avec l'heure de la journée. Pour les vents d'Est, par exemple, et pour des vitesses $u \leqq 6\,\mathrm{m/s}$, H passe de 900^{m} le matin à 2000^{m} l'après-midi.

En résumé, l'atmosphère libre commence à une altitude très variable suivant l'heure de la journée et les conditions météorologiques. Ce résultat explique aisément les divergences des évaluations des différents auteurs.

PHYSIQUE ATMOSPHÉRIQUE. — *Durée de congélation d'une gouttelette d'eau surfondue.* Note de M. **Jacques Maurin**, présentée par M. Henri Villat.

1. Des gouttes de brouillard recueillies sur une plaque de plexiglass laissée au sein de l'aérosol se congèlent en quelques secondes d'après M. Bricard;

toutefois, l'origine des temps n'est pas le début de la congélation, mais seulement l'instant de la chute, et le rôle de l'énergie thermique du support n'est pas négligeable. D'autre part, la durée totale de congélation d'une goutte, évaluée à l'aide de la vitesse de cristallisation dans un tube capillaire isotherme (¹), serait de l'ordre de 0,03 s pour une goutte de 20 microns de diamètre à — 3°; mais le milieu et les échanges thermiques ne sont pas les mêmes dans les deux cas.

2. Le calcul permet d'atteindre cette durée. Quand, à l'instant zéro, cesse la surfusion d'une goutte à — θ°, on peut admettre, étant donnée la valeur élevée de la vitesse de cristallisation dans le cas de l'eau, que la goutte est instantanément portée à 0°, tandis que la fraction θ/80 est solidifiée. La goutte continue alors à se congeler, la chaleur dégagée par la congélation étant dissipée par les échanges thermiques (convection, évaporation) qui existent entre la goutte à 0° et l'atmosphère à — θ°.

Pour faire le calcul, nous allons négliger la fraction congelée, et, bien entendu, la fraction évaporée, et nous allons supposer qu'au cours de la congélation la goutte reste sphérique et isotrope. Nous négligerons également la variation de la pression de saturation qu'occasionne la courbure de la goutte, supposée assez grosse (15 microns).

L'isotropie du milieu autour du centre de la goutte et l'analogie entre les échanges de matière et de chaleur permettent (²) d'écrire :

$$C = \frac{L_f r^2}{3\left[\lambda(\Theta - \Theta_0) + \left(\frac{p_\Theta}{\Theta} - \Sigma \frac{p_0}{\Theta_0}\right)\frac{L_v \delta}{R}\right]},$$

r, rayon de la goutte.

Θ, température absolue de la goutte au cours de la congélation.

Θ_0, température absolue de l'atmosphère.

p_Θ, pression de saturation de la vapeur d'eau à la température Θ_0, compte non tenu de la capillarité.

p_0, pression de saturation de la vapeur d'eau à la température Θ.

Σ, humidité relative de l'atmosphère.

L_f, chaleur de fusion de l'eau.

L_v chaleur de vaporisation de l'eau.

R, constante des gaz parfaits.

λ, coefficient de conduction de l'air.

δ, coefficient de diffusion de la vapeur d'eau dans l'air.

L'introduction des valeurs numériques donne, pour une goutte de 15 microns de diamètre et une humidité de 100 %, 0,03 pour une température de — 5°, et 0,20 s pour une température de — 0°,5.

(¹) M. Brun, *Rapport technique G. R. A.*, n° 7, 1940, p. 19.

(²) E. Brun, *La France énergétique*, 4, n°s 5-6, mai-juin 1945, pp. 137 à 148.

3. La confirmation expérimentale de cet ordre de grandeur ne pouvait être tentée qu'à l'aide d'un mode opératoire non susceptible de troubler le bilan thermique de la goutte.

Une telle expérience a pu être faite. La durée de congélation n'a pu être mesurée, mais elle était très nettement inférieure à la seconde dans les diverses expériences réalisées.

Le principe de l'expérience est le suivant : uue gouttelette de 30 à 120 microns de diamètre est déposée sur un fil de plexiglass de capacité thermique négligeable [3], lui-même placé dans une chambre froide à température négative. En l'observant dans un microscope, on touche la goutte avec un germe de glace de masse au moins quatre fois inférieure, fixé à l'extrémité d'un stylet de verre très fin enduit de paraffine, de capacité thermique négligeable, et manœuvré à l'aide du micromanipulateur de Fontbrune. La lumière est filtrée de manière à éliminer le plus possible l'apport de chaleur; elle n'est employée qu'au moment de l'observation.

La congélation de la goutte touchée a été décelée par l'aspect devenu vitreux du dioptre, par une légère modification de forme, par la non-sphéricité parfaite de sa zone centrale rendue noire par manipulation du condenseur d'éclairage, par l'apparition accidentelle de très petits granules brillants sur ses bords, et surtout par la rigidité de la goutte congelée, constatée suivant les cas par le fait que le stylet, soit repoussait la goutte s'il avait pu s'en arracher, soit l'arrachait des fils ou les déchirait s'il ne l'avait pu.

Au cours d'une des expériences, par exemple, une goutte de 104 microns congelée par un germe de 4 microns (rapport des masses 22000) est arrachée par le stylet et amenée au contact d'une goutte de 117 microns qu'elle congèle. On obtient alors deux sphères imbriquées restant rigidement liées sous la poussée du stylet.

PALÉONTOLOGIE. — *Note préliminaire à une étude des microfossiles des silex jurassiques de la région de Poitiers.* Note [1] de M. **Lionel Valensi**, présentée par M. Charles Jacob.

Les bancs ou rognons de silex sont très fréquents dans certains calcaires jurassiques du détroit du Poitou; aussi ai-je pu ramasser quelques centaines d'échantillons de ces silex et les étudier systématiquement. Les premiers résultats de cette étude dénotent des particularités remarquables :

1° Un certain nombre (environ 10%) des silex recueillis contiennent des

---

(3) Ces fils, réalisés par M. Demon, E. Brun, L. Demon et M. Vasseur (*Comptes rendus* **224**, 1947, p. 1518) ont des diamètres de l'ordre du micron. M. Demon a aidé à la réalisation de ces expériences.

(1) Séance du 27 octobre 1947.

microfossiles, parfois très abondants, et dont la très grande majorité appartient au groupe des *Hystrichosphères*; accessoirement les Péridiniens et d'autres groupes encore mal déterminés peuvent être représentés.

2° Les étages Aalénien et Bajocien, très fossilifères à Lussac, semblent moins riches dans les environs de Poitiers et à Airvault, et dépourvus de fossiles vers le Sud (Gençay, Couhé-Vérac). L'étage Bathonien, extraordinairement fossilifère dans les environs de Poitiers et à Airvault, l'est encore près de Lussac, et paraît ne plus l'être vers le Sud.

Les silex des étages Callovien et Oxfordien n'existent que vers l'Est (région du Blanc); les uns sont de couleur jaune orange et de structure oolithique, les autres gris clair avec des mouchetures plus sombres; ces deux types ne renferment que des macrofossiles (Oursins, Brachiopodes, Lamellibranches), et ne m'ont pas fourni, jusqu'ici, de microfossiles.

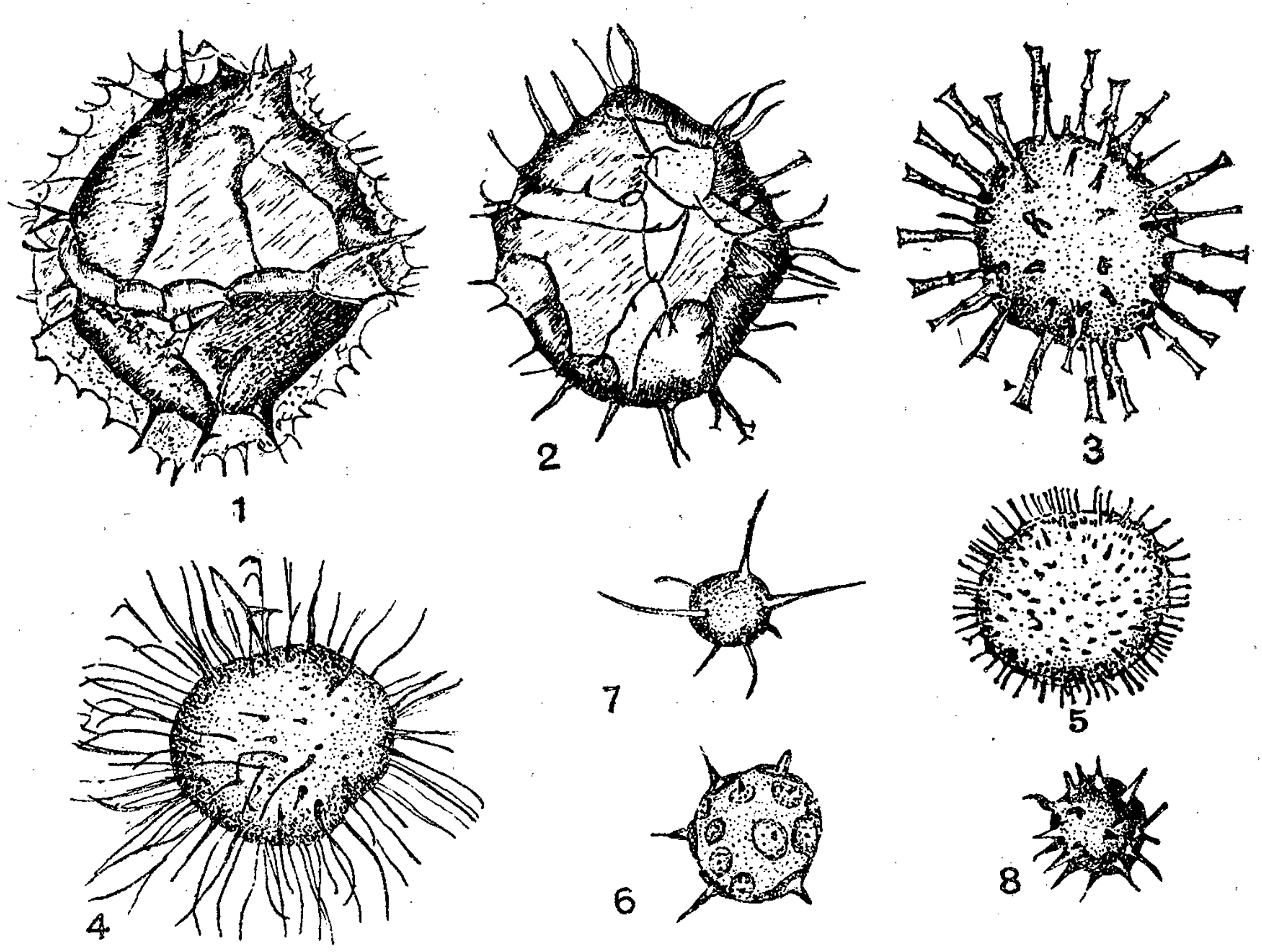


Fig. 1 à 8. — Microfossiles des silex jurassiques. 1, *Gonyaulax cf. eisenacki* Defl. Face ventrale, Bathonien, Moulinet; 2, *Gonyaulax cf. cladophora* Defl. Bathonien, Moulinet; 3, *Hystrichosphæridium Deflandrei* nov. spec., Bathonien, Lessart; 4, *Hystrichosphæridium polytrichum* nov. spec., Bathonien, Lessart; 5, *Micrhystridium Bigoti* Defl., Bathonien, Lessart; 6, *Micrhystridium scutospinum* nov. spec., Bathonien, Lessart; 7, *Micrhystridium fragile* Defl., Bathonien, La Tour aux Cognons; 8, *Micrhystridium inconspicuum* Defl., Aalénien, Gouex. Grossissement : figures 1, 2, 4 : 420; figures 3 et 5 à 8 : 840.

Presque toutes les Hystrichosphères sont de petite taille et se rattachent au genre *Micrhystridium*; la plupart de ceux de l'Aalénien et du Bajocien inférieur seraient à rapprocher de *M. inconspicuum* Defl. *sensu lato* (*fig.* 8); ceux du Bajocien supérieur et du Bathonien offrent une plus grande variété et j'ai déjà pu reconnaître certaines espèces, telles que *M. fragile* Defl.

(*fig.* 7), *M. cf. stimuliferum* Defl. *M. Bigoti* [2] Defl., (*fig.* 5), *M. scutospinum* nov. sp. (*fig.* 6) et un *Hystrichosphæridium, H. Deflandrei* nov. sp. (*fig.* 3).

En outre, des silex du Bathonien supérieur renferment des *Hystrichosphæridium* (*H. polytrichum* nov. sp., *fig.* 4) et des Péridiniens. *Gonyaulax cladophora* Defl. *sensu lato* (*fig.* 2) est de loin l'espèce prépondérante.

4° Certaines espèces, comme *Micrhystridium Bigoti* (décrit par M. Deflandre dans l'oolithe de Normandie) et *Hystrichosphæridium Deflandrei*, paraissent caractériser un niveau d'une extension de quelques mètres au plus dans le Bathonien inférieur; ces deux espèces, très facilement identifiables, se retrouvent dans différents silex des environs de Poitiers, de Moulinet, de Charbonneau et de Vouillé, ainsi que d'Airvault. Au-dessus et au-dessous de ce niveau, ces deux espèces disparaissent, rapidement et complètement, pour faire place à d'autres.

Gonyaulax cladophora a été rencontré dans le Bathonien supérieur de Marnes et de Moulinet.

Ces premières observations semblent présager que certaines Hystrichosphères ont une réelle valeur stratigraphique, et j'espère que l'étude plus approfondie que j'ai entreprise me permettra de confirmer et de préciser ces premiers résultats.

PÉDOLOGIE. — *Examen des argiles de quelques sols tropicaux.* Note [1] de M[lle] **Simonne Caillère**, MM. **René Bétrémieux** et **Stéphane Hénin**, présentée par M. Albert Demolon.

Nous relatons dans cette Note les résultats donnés par l'examen minéralogique d'un certain nombre d'argiles extraites de sols tropicaux par la méthode internationale [2]. Les matériaux ont été recueillis, soit par l'un de nous dans le territoire du Tchad au cours d'une mission en A. E. F. [3], soit par le Service d'Agriculture de la Côte d'Ivoire.

Toutes les fractions argileuses extraites sont en grande partie constituées par de la kaolinite ainsi que le montrent l'examen aux rayons X et les courbes thermiques.

Contrairement à ce que l'on constate avec les argiles des sols de France, les diagrammes X sont très nets. En particulier, la raie correspondant à l'équidistance de 7 Å est bien définie, sauf pour l'échantillon L. C. 102 où elle se présente sous forme d'un halo assez flou.

---

(2) G. Deflandre, *Sur quelques microorganismes planctoniques des silex jurassiques* (*Bull. Inst. Océanogr.*, n° 921, 1947 [sous presse]).

(1) Séance du 27 octobre 1947.

(2) A. Demolon, *La dynamique du sol*, Paris, 1944.

(3) Mission Logone-Chari, 1946.

Échantillons.	Position géographique.	Caractère du sol.	Roche mère.	Nature de l'argile extraite.
		Sols du territoire du Tchad.		
L. C. 12....	Route Tikem-Gounougaya, 20[km] E. Tikem	Terre de Savane jaune grisâtre, rarement cultivée, pH 6,3	Alluvions Tchadiennes	Kaolinite, un peu d'hydrate cristallisé
L. C. 42....	Zone de capture du Logone par la Benoué	Sol inondé, non cultivé, pH 5,7	id.	id.
L. C. 370...	Bord du Tchad, nord de Karal	Terre noire légèrement calcaire, marécageuse, très fertile	Alluvions Tchadiennes	Kaolinite, hydrate colloïdal
L. C. 80....	sud-ouest de Youhé au bord du lac Toubouri	Sol marécageux cultivé à la décrue pH 5,9	Alluvions récentes sur sable	Kaolinite, hydrate colloïdal
W_1........	Frontière Cameroun (A. E. F.)	Savane non cultivée, pH 6,1	Alluvions	Kaolinite, un peu d'hydrate cristallisé
L. C. 102...	Près Youhé	Terre légèrement calcaire, brun noir, très fertile	Schistes métamorphiques avec pointements de gabbros	Halloysite, beaucoup d'hydrate colloïdal
L. C. 272....	Station agronomique Tikem	Terre jaune calcaire en place, pH 8,25	Schistes métamorphiques	Kaolinite, un peu d'hydrate cristallisé
		Sols de la Côte-d'Ivoire.		
C_2 170.....	Près de Abengourou	Sol en place, productivité nulle	Schistes métamorphiques	Kaolinite, un peu d'hydrate cristallisé
C_5 179.....	id.	Sol en place, productivité moyenne	id.	Kaolinite, hydrate cristallisé
C_7 185.....	id.	Sol en place, forêt primaire	id.	Kaolinite

Les résultats de l'analyse thermique permettent de noter deux particularités :

a la température du phénomène exothermique est basse, l'accident se situant en général entre 800 et 900°. Nous attribuons ce fait à la présence de fer étroitement lié au minéral ([4]).

b le crochet endothermique correspondant au départ de l'eau hygroscopique possède une importance très variable. Il est curieux de constater qu'il est particulièrement faible dans les sols exondés ou peu fertiles. Il y a là un fait qui doit être vérifié car, s'il se confirmait, le caractère de ce crochet constituerait une information pour juger de la fertilité des sols tropicaux.

En ce qui concerne les conditions de formation de ces argiles, on considère généralement que la kaolinite prend naissance en milieu acide. Dans la mesure où cette règle est exacte, on en déduit que les sols de pH alcalin sont allochtones; ceci expliquerait également que les sols inondés ne renferment pas de montmorillonite. C'est le cas des sols calcaires L. C. 272, L. C. 102, L. C. 370.

([4]) S. Caillère et S. Hénin, *Annales agronomiques*, n° 1, 1947, p. 44.

Notons enfin qu'il semble d'après les diagrammes X que les terres les plus fertiles renferment un peu d'illite.

En conclusion, ces résultats montrent la répartition très générale de la kaolinite dans les sols tropicaux (5); ils laissent espérer que l'étude des argiles permettra d'estimer le degré de fertilité de ces sols.

PHYSIOLOGIE DES SÉDIMENTS MARINS. — *Production et consommation d'oxygène par la pellicule superficielle des vases fluvio-marines.* Note (1) de M. **Claude Francis-Bœuf**, présentée par M. Charles Pérez.

J'ai montré dans une Note précédente (2) que la pellicule superficielle des vases de la slikke de la partie maritime de l'estuaire de la Penzé (Cale Saint-Yves) possédait, *in situ*, un milieu intérieur encore riche en oxygène dissous (de l'ordre de $4^{cm^3}/l$) quoique sous-saturé.

On pouvait se demander si, dans ces conditions, cette teneur en oxygène correspondait à un stade d'appauvrissement par suite d'interventions chimiques et d'interventions bactériennes [*Biocheminal oxygen demand* des Américains (3)] ou si, au contraire, la pellicule superficielle des vases était le siège d'une activité photosynthétique compensant plus ou moins les interventions précédentes.

C'est pour éclaircir ces points que j'ai réalisé les expériences suivantes :

I. La pellicule superficielle (quelques millimètres d'épaisseur) a été recueillie à la Cale Saint-Yves et placée, le plus rapidemment possible, dans une série de cristallisoirs de grand diamètre puis recouverte d'eau de mer (couche de 5^{cm}); l'ensemble est laissé en contact libre avec l'air ambiant. De la vase provenant d'une profondeur de 5^{cm} a été placée dans les mêmes conditions, à titre de témoin.

Tous ces cristallisoirs ont été disposés sur une paillasse exposée au soleil. L'oxygène dissous a été dosé par la méthode Winkler-Nicloux (4) et le pourcentage de saturation a été calculé d'après les tables de C. Fox.

TABLEAU I.

	Milieu intérieur.			Milieu extérieur.		
	O_2 cm³/l.	T° C.	O_2 % sat.	O_2 cm³/l.	T° C.	O_2 % sat.
5 IX, dép.....	2,99	19	55,5	5,35	19	99
11 IX, 18h.....	3,52	25,6	73	7,04	25,6	146
16 IX, 7h.....	3,87	19,6	72,5	2,11	19,6	39,5
20 IX, 8h.....	4,22	17	74	2,25	17	39,5
21 IX, 18h.....	4,05	25	83,5	6,70	25	138
Vase 5^{cm}, 11 IX, 18h				3,52	25,6	73

(5) De Leenheer, *Institut National pour l'étude agronomique du Congo Belge*, n° 25, série scientifique, 1944, p. 43.

(1) Séance du 27 octobre 1947.

(2) *Comptes rendus*, **225**, 1947, p. 392.

(3) C. E. Zo Bell, *Marine microbiology*, 1 vol., U. S. A., 1946, 239 pages.

(4) M. Nicloux, *Bull. Inst. Océanogr.*, 1930, n° 563.

1. On remarquera que la teneur en oxygène dissous du milieu intérieur augmente d'environ une unité au cours de ces quinze jours et devient de moins en moins sous-saturée. Toutefois, la teneur en oxygène dissous demeure, tout le temps, du même ordre de grandeur, quelle que soit l'heure de la mesure.

2. Dans tous les cristallisoirs contenant une certaine quantité de la pellicule superficielle il se produit, après quelques heures d'exposition à la lumière (soleil), un dégagement gazeux intense: les bulles qui se dégagent demeurent un certain temps collées à la surface du sédiment, puis s'échappent dans le milieu extérieur où elles demeurent longtemps à la surface de séparation air-eau. La zone du sédiment d'où s'est dégagée la bulle a l'aspect d'une pustule éclatée. Durant tout ce temps il se développe à la surface du sédiment une flore algologique importante formant un enduit jaune vert.

Le dégagement gazeux était manifestement en rapport avec l'activité photosynthétique, intense lorsque les rayons solaires frappaient les cristallisoirs, réduit par temps couvert. C'est ce que confirment les mesures.

3. Il semble donc démontré que la pellicule superficielle est le siège d'activités biologiques complexes et opposées : une activité respiratoire et une activité photosynthétique. Le jour, cette dernière est nettement dominante, tandis que la nuit c'est la première qui joue et consomme une bonne partie de l'oxygène produit dans la journée.

4. Aucune flore ne se développe sur la vase de la profondeur de 5^{cm}, aucune bulle n'apparaît et l'oxygène dissous est lentement consommé.

II. Une deuxième expérience, en opérant avec des Erlenmeyers de 560^{cm^3} hermétiquement bouchés, indique des phénomènes semblables :

TABLEAU II.

	24^h à la lumière du jour.				24^h lum. jour puis 24^h à l'obscurité.			
	Q. en gr.	$O_2 cm^3/l$.	T° C.	O_2 % sat.	Q. en gr.	$O_2 cm^3/l$	T° C.	O_2 % sat.
Eau de mer, départ...		5,28	19,5	99				
	1,20...	6,51	21	125	2,10	3,52	19	65
	3, 0...	6,58	21	126	8,80	0,88	19	16
	6,60...	5,98	21	115				
	Photosynthèse.				Respiration.			

On notera que la production d'oxygène n'est pas liée à la quantité (Q en gr.) de matière ajoutée à l'Erlenmeyer (seule joue la surface au contact avec l'eau recouvrante et donc directement exposée à la lumière), tandis que la consommation d'oxygène est, elle, proportionnelle à la quantité de matière ajoutée.

En conclusion, si l'on transpose ces résultats *in situ*, on peut dire que la pellicule superficielle de la vase, à cette époque de l'année, en ce point de l'estuaire, ne constitue pas un milieu particulièrement réducteur, mais qu'au contraire, si les conditions d'éclairement (ou de transparence de l'eau du milieu

extérieur) sont convenables, il peut y avoir dégagement d'oxygène dans le milieu extérieur, tandis que la teneur en oxygène dissous du milieu intérieur de cette pellicule reste sensiblement constante (2).

PHYSIOLOGIE. — *La présence d'un supplément de glucose dans le milieu nutritif peut-elle favoriser l'action d'une substance cancérigène sur les tissus ?* Note (1) de M. **Philippe Joyet-Lavergne**, présentée par M. Maurice Caullery.

Les expériences destinées à mettre en évidence l'action du benzopyrène sur les cellules vivantes de la glande salivaire de la larve de Chironome apportent des résultats plus nets quand elles sont réalisées en milieu glucosé (2). Cette action favorisante du glucose dans le comportement du benzopyrène présente-t-elle un caractère général ? L'étude ci-dessous est limitée au cas des tissus pour lesquels l'apport d'un simple supplément de glucose dans le milieu nutritif entraîne une augmentation du pouvoir oxydant des cellules.

Dans chaque expérience, un fragment microscopique de tissu vivant est partagé en 4 parties égales; ces 4 parties sont placées sur 4 lames, chacune dans une goutte de l'une des solutions suivantes : 1° Ringer; 2° Ringer glucosé (glucose 1/100); 3° Ringer contenant 1/10000 de benzopyrène; 4° Ringer glucosé (glucose 1/100) avec 1/10000 de benzopyrène. Après un séjour de trente minutes, chaque goutte reçoit la même quantité du même leucodérivé, puis est recouverte d'une lamelle. En suivant l'oxydation du leucodérivé, on apprécie : par la comparaison de 1 et 2 l'action du glucose, toujours positive dans toutes nos expériences; par la comparaison de 1 et 3 l'action du benzopyrène en milieu Ringer; par la comparaison de 2 et 4 l'action du benzopyrène en Ringer glucosé. Nous classons les résultats en trois catégories d'après l'action du benzopyrène.

Catégorie A. — Le benzopyrène en milieu Ringer diminue le pouvoir oxydant du tissu. Si cette action est très nette (tissu musculaire de l'Huître 4) la présence du glucose ne la modifie pas. Si cette action est faible (tissu intestinal de l'Escargot 8 et du Crabe 17) la présence du sucre active l'effet du benzopyrène, qui diminue alors plus nettement le pouvoir oxydant.

Catégorie B. — Le benzopyrène en milieu Ringer a une action nulle : tissu musculaire de l'Escargot 19, de l'Escargot 20; tissu intestinal de l'Escargot 21, du Crabe 1 et du Crabe 5; tissu nerveux (encéphale) du Crapaud 5. Dans toutes ces expériences, alors que le benzopyrène n'a aucune action en milieu Ringer, il diminue le pouvoir oxydant en Ringer glucosé.

Dans trois expériences sur le tissu musculaire strié (muscles de pinces de Crabes), le résultat est différent (Crabe 2, Crabe 3 et Crabe 19); l'action du benzopyrène, nulle en milieu Ringer, reste nulle en Ringer glucosé. On sait que le tissu musculaire strié est très peu sensible à l'action du benzopyrène (3); cette sensibilité n'est pas modifiée par la présence du glucose.

---

(1) Séance du 20 octobre 1947.

(2) Ph. Joyet-Lavergne, *Comptes rendus*, **219**, 1944, p. 494.

(3) Ph. Joyet-Lavergne, *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 1785.

Catégorie C. — *Le benzopyrène en milieu Ringer a une action positive.* Dans ce cas, le benzopyrène augmente le pouvoir oxydant. Si son action est faible (tissu intestinal de l'Escargot 20 et tissu musculaire de l'Huître 6, tissu musculaire du Crabe 18), la présence du glucose diminue légèrement l'action du benzopyrène. Si l'action positive est assez forte, (tissu musculaire de l'Escargot 17 et tissu intestinal du Crabe 13), l'action positive du benzopyrène est nettement diminuée; elle devient même légèrement négative pour l'Escargot 17. Ainsi, pour la catégorie C, la présence du glucose diminue l'action du benzopyrène.

En réalité, si l'on remarque que, pour la catégorie C, l'action du benzopyréne est positive, tous les résultats peuvent être exprimés dans la même formule. En dehors du tissu musculaire strié qui se distingue par son insensibilité au benzopyrène, pour tous les autres tissus, l'action du glucose est la même, il renforce l'action du benzopyrène dans le sens négatif, c'est-à-dire dans le sens d'une diminution du pouvoir oxydant intracellulaire. Dans nos diverses expériences, un supplément de glucose, seul, augmente le pouvoir oxydant des tissus; ce même supplément, en présence du benzopyrène, facilite, au contraire, l'action du cancérigène dans le sens d'une diminution du pouvoir oxydant.

Conclusions. — *Lorsqu'une cellule manifeste une insuffisance en glucose, l'action du benzopyrène, agissant dans le sens d'une diminution du pouvoir oxydant intracellulaire, se trouve augmentée quand on met un supplément de glucose à la disposition de la cellule.*

Conformément aux conclusions formulées antérieurement ([3]), nous considérons que la qualité de diminuer le pouvoir oxydant intracellulaire constitue une des causes du pouvoir cancérigène d'un agent. La présence d'un supplément de glucose, en augmentant cette qualité, doit élever la puissance cancérigène. Ce résultat permet d'interpréter des constatations jusqu'à ce jour inexpliquées. Une alimentation riche en glucose stimule le développement des tissus cancéreux ([4]). Il est possible de provoquer des sarcomes, chez le Rat, par des injections sous cutanées de glucose ([5]).

EMBRYOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Démonstration expérimentale du rôle inducteur du canal de Wolff dans la morphogenèse du mésonéphros, chez les Amphibiens anoures.* Note ([1]) de M. **Roger Cambar**, présentée par M. Maurice Caullery.

L'atrophie et la désorganisation de la partie antérieure du canal de Wolff après ablation du pronéphros attenant, au contraire le maintien de l'intégrité de ce canal au niveau des zones mésonéphrogènes, nous ont conduit à émettre l'hypothèse d'un rôle inducteur du canal de Wolff sur la morphogenèse du mésonéphros.

([4]) W. Caspari, *Nutrition et cancer*, Paris, 1938.

([5]) M. Cappellato, *Tumori*, 16, 1942, p. 38.

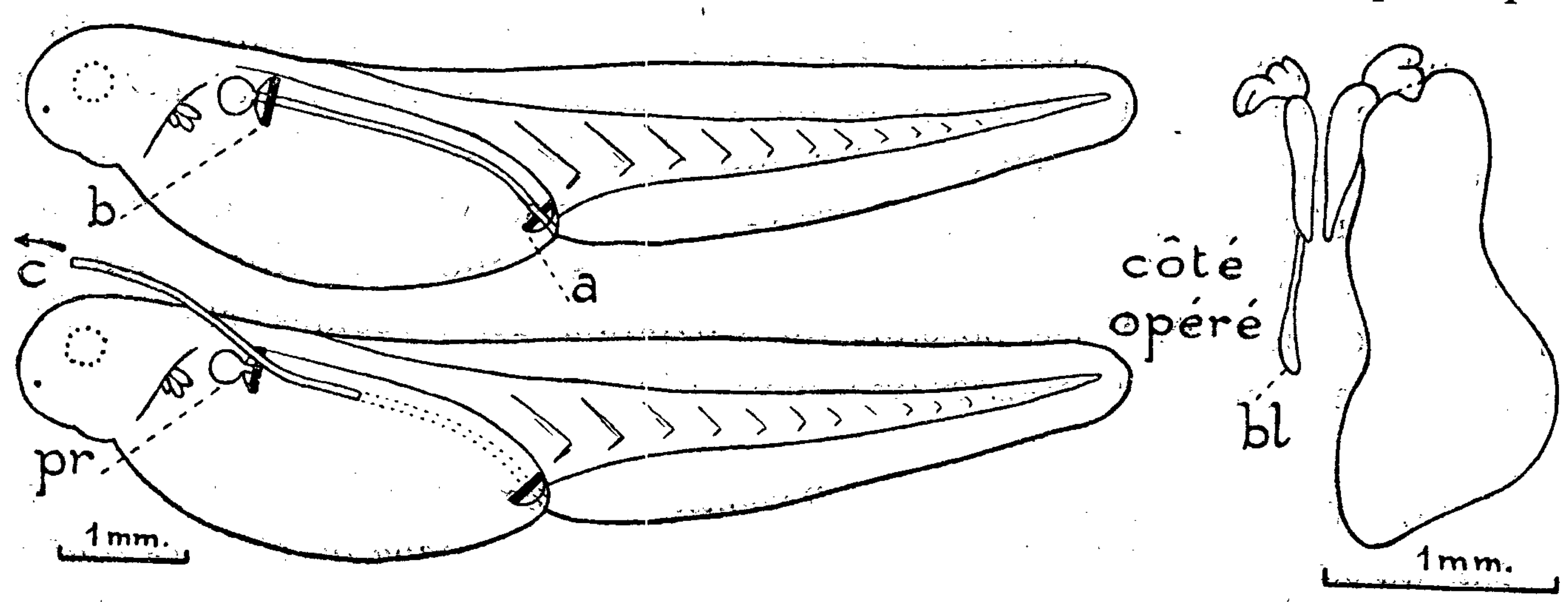
([1]) Séance du 27 octobre 1947.

Dès 1946, nous avons réalisé l'ablation précoce, totale et unilatérale du canal de Wolff afin de vérifier cette supposition.

Matériel et méthode. — Nous utilisons des embryons de Grenouille agile (*Rana dalmatina* Bon.) dégangués au cours des 12 heures qui précèdent l'éclosion spontanée, au plus tard *au moment même* de l'éclosion (9^{mm}–$9^{mm},2$ de longueur). L'opération qui va être indiquée (voir schéma de la technique) n'est praticable que pendant cette courte période. Par soulèvement d'un lambeau d'ectoderme, on sectionne le canal de Wolff, d'une part au niveau même de sa jonction avec le rectum (*a*), d'autre part, immédiatement en arrière du pronéphros (*b*). Le bout antérieur du conduit est alors tiré vers le haut (*c*), sans saccades et suivant la direction même dans laquelle il est normalement placé. On extirpe ainsi totalement le canal de Wolff. On enlève enfin le pronéphros attenant (*pr*).

Outre les limites de temps, rapprochées et strictes, imposées à son application, et malgré sa simplicité, cette technique se révèle délicate (une ou deux réussites environ par dix essais). Par contre, elle présente l'avantage de ne causer aucun traumatisme et de ne rien modifier de l'intégrité et des relations topographiques des divers constituants de la zone mésonéphrogène, ainsi que le confirment des examens histologiques immédiats.

Résultats. — Dans les conditions indiquées, l'ablation du canal de Wolff est effectuée 6 à 8 jours avant l'apparition des blastèmes mésonéphrétiques. Sans aucune exception (104 embryons opérés avec succès), quelle que soit la durée de la vie du têtard, *le mésonéphros n'apparaît pas du côté où le canal de Wolff manque* (voir figure). Néanmoins, les premiers blastèmes mésonéphrétiques



A gauche : schéma de la technique opératoire. *A droite* : résultat de l'ablation 115 jours après l'opération (métamorphose terminée). *bl*, reste du blastème mésonéphrétique indifférencié.

y apparaissent en position normale, au nombre typique de 6 le plus souvent, plus rapidement du côté droit que du côté gauche, comme chez les témoins. Ces blastèmes restent de petite taille, et jamais ils ne se différencient en tubes mésonéphrétiques. Nettement séparés au moment de leur apparition, ils se réunissent après quelques jours, formant une bande cellulaire blastématique, étroite et allongée, symétrique du mésonéphros normal du côté opposé. Peu à peu ce cordon cellulaire s'amincit et tend à disparaître. Ses cellules, éléments mésonéphrogènes présomptifs, se dispersent lentement dans le mésoderme environnant. A aucun moment n'apparaît une structure tubulaire. Nous avons

décrit des phénomènes identiques pour les cellules du canal de Wolff *libérées* de l'influence du pronéphros, après ablation de ce dernier.

Le développement du mésonéphros est normal du côté non opéré (cf. fig.).

En résumé, la migration et la mise en place des cellules de destinée mésonéphrogène (formation des blastèmes des unités primaires) restent indépendantes du canal de Wolff et relèvent des mouvements morphogénétiques généraux, sans rapport apparent avec les diverses inductions locales propres aux constituants de l'appareil excréteur (pronéphros, Cambar 1947; canal de Wolff, présente Note). Par contre, la présence du canal de Wolff est *indispensable* pour assurer normalement la multiplication et la différenciation des cellules blastématiques, de même que l'organisation en tubes mésonéphrétiques des unités primaires ou tardives. Notons qu'il conserve ce pouvoir même non fonctionnel (ablation précoce du pronéphros et incapacité excrétrice du mésonéphros).

Le canal de Wolff possède donc un rôle inducteur capital dans la morphogenèse du mésonéphros des Amphibiens anoures (²).

PHYSIQUE BIOLOGIQUE. — *Étude de la multiplication d'un bactériophage au moyen des rayons X.* Note (¹) (²) de M. **Raymond Latarjet**, présentée par M. Jacques Trefouël.

Si l'on infecte une bactérie en phase de croissance avec un bactériophage actif, on provoque peu après (période latente) la lyse de cette bactérie, avec libération de nombreux phages identiques au phage initial. Comment ce dernier s'est-il multiplié ?

Les méthodes utilisées jusqu'ici pour suivre le virus au cours de sa vie intracellulaire (microscopie électronique, ruptures chimiques ou mécaniques des bactéries infectées) n'ont encore rien révélé. L'irradiation ultraviolette des bactéries infectées (³) a semblé devoir fournir un premier procédé d'investigation. Mais, pendant la période latente, la cellule subit d'importantes transformations chimiques qui modifient sa transparence aux rayons ultraviolets et empêchent d'interpréter simplement les résultats. On a remédié à cet inconvénient en utilisant les rayons X.

Une jeune culture d'*Escherichia Coli*, souche B (8.10^7 cellules par centimètre cube en croissance à 37° C. était infectée avec environ 5.10^6 phages T_2 par centimètre cube (gros phage pour lequel la lyse débute 22 minutes après l'infection, libérant en moyenne

---

(²) Cette Note était déjà prête lorsque nous avons pris connaissance du travail de J. Van Geertruyden (*Arch. de Biol.*, 1946). Nous avons constaté avec plaisir que les conclusions de cet auteur étaient en accord avec nos résultats expérimentaux.

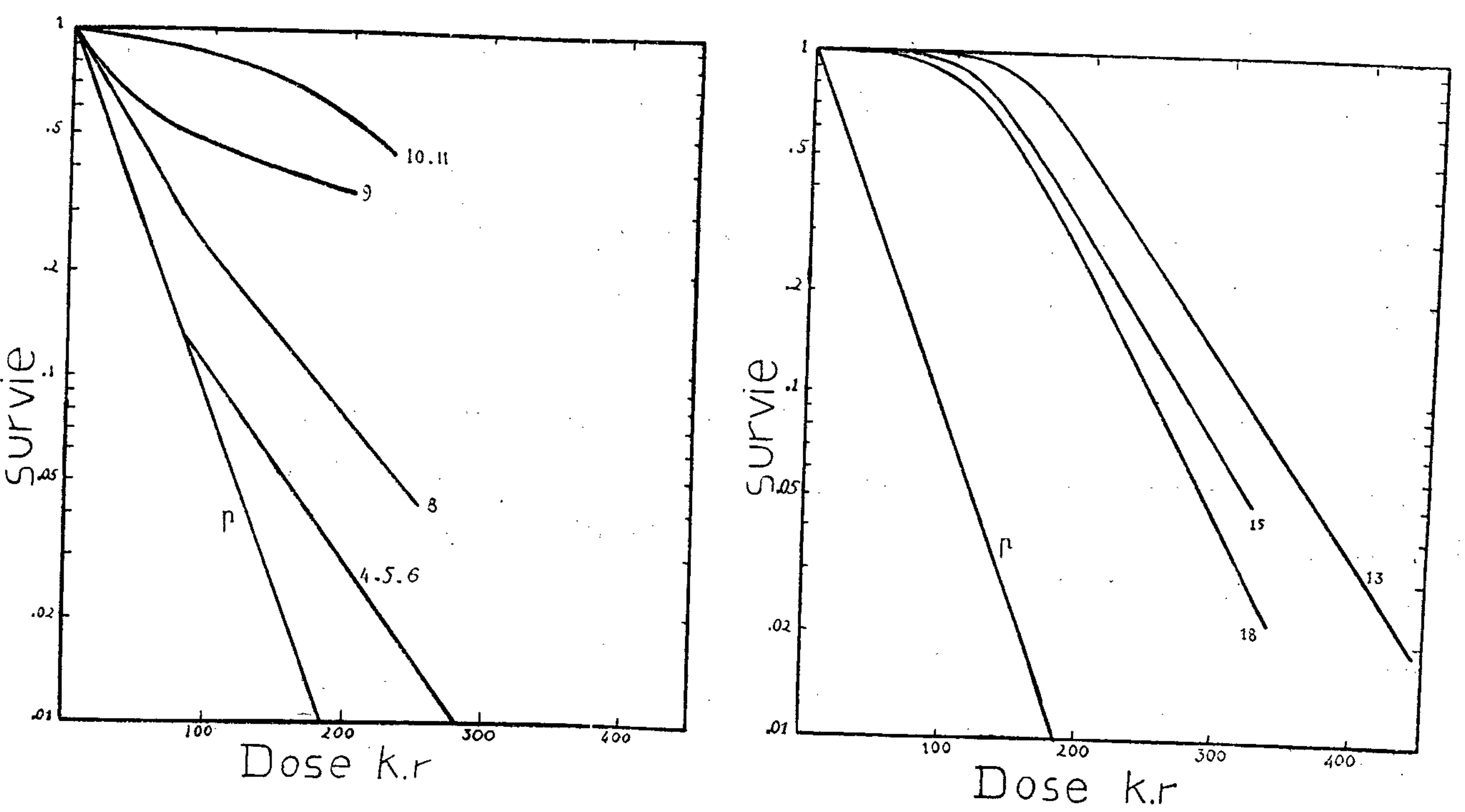
(¹) Séance du 15 septembre 1947.

(²) Avec l'aide technique de Pierre Morenne et Yvonne Déziré.

(³) R. Latarjet et S. E. Luria, *Ann. Inst. Pasteur*, 73, 1947, pp. 666-673.

130 phages par bactérie). Dans ces conditions, chaque bactérie infectée n'absorbait qu'un phage (infection simple). Les phages non absorbés étaient éliminés par l'antisérum spécifique. A un instant donné de la période latente, un échantillon de la suspension était prélevé et soumis, en couche mince (2^{mm}), au rayonnement d'un tube Beaudouin-Holweck puissant : anticathode de molybdène, 33 kV, 40 mA, fenêtre de 0^{mm},05 d'aluminium, longueur d'onde moyenne 0,9 Å, intensité moyenne dans la préparation : 65000 r par minute. Des doses de plus en plus fortes étaient données rapidement dans des conditions qui évitaient toute action indirecte du rayonnement; on déterminait ensuite le taux de survie correspondant à chaque dose.

On a ainsi pu construire de minute en minute la *courbe de survie* donnant, en fonction de la dose de rayonnement, le taux des bactéries irradiées qui conservent leur virulence (figure). Les courbes conduisent à diviser la période latente en trois phases distinctes :



Courbes de survie des bactéries infectées, à différents instants de la période latente (de la minute 4 à la minute 18). Coordonnées semi-logarithmiques; doses en 10^3 rœntgens; *p*, courbe d'inactivation du phage nu.

Première phase. — De l'infection à la minute 7 : synthèses. Jusqu'à la minute 7, la courbe de survie reste une droite identique à celle du phage nu extracellulaire. Ceci signifie que dans chaque bactérie infectée le phage demeure unique, intact, ou fragmenté, et que sa sensibilité aux rayons X n'est pas modifiée. *Aucune multiplication ne se produit et le phage reste* visible *au sein de la cellule.* Les courbes obtenues pendant cette période avec les rayons ultraviolets ([3]) conduisent à penser que la cellule est alors le siège de synthèses importantes. Il s'agit probablement de substances nécessaires à la formations des futures particules.

Deuxième phase. — De la minute 7 à la minute 13 : multiplication. Dès la

septième minute, premier point critique, la résistance aux rayons X des bactéries infectées augmente progressivement tandis que les indices de multiplicité se précisent (courbes sigmoïdes à plateau). Ces courbes suggèrent que vers la minute 7 la multiplication commence et, dès lors, se poursuit à un rythme accéléré, pour aboutir vers la minute 13 à 100-150 unités. Celles-ci paraissent environ deux fois moins sensibles aux rayons X que le phage initial, ce qui conduit à penser qu'elles sont plus petites.

Troisième phase. De la minute 13 à la lyse : organisation. — Aux environs de la minute 13, second point critique, la multiplication cesse. La courbe de survie conserve dès lors sa multiplicité (100-150), mais se modifie en révélant un accroissement progressif de la radiosensibilité individuelle des unités, jusqu'à celle du phage initial (minute 18). Cette dernière phase est probablement dévolue à l'organisation des nouvelles unités en phages adultes.

En ce qui concerne le processus même de la multiplication, qui se déroule entre les minutes 7 et 13, les courbes obtenues pendant cette période ne sont pas encore suffisamment précises pour fournir une estimation du nombre moyen d'unités par bactérie à chaque minute (4).

PHYSIQUE BIOLOGIQUE. — *Étude au microscope électronique d'inclusions protoplasmiques dans des cellules rénales en cultures pures infectées avec du virus vaccinal.* Note (1) de MM. **John Wirth, Pascu Athanasiu, Georges Barski** et Mlle **Odile Croissant**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

Porter, Claude et Fullam (2) ont mis au point une technique permettant l'étude au microscope électronique de cellules cultivées *in vitro*. Dans des cellules cultivées à partir de tumeurs à virus, les corpuscules élémentaires sont nettement visibles (Claude) (3). Par contre, le phénomène de l'infection de cellules vierges avec des virus pathogènes autres que les agents de tumeurs n'a pas encore été étudié à notre connaissance au microscope électronique.

Le virus vaccinal s'obtient en suspension pure [Levaditi et Lépine (4),

---

(4) La précision est limitée par une hétérogénéité accusée du processus, certaines cellules libérant quelques phages, et d'autres plusieurs centaines (M. Delbrück, *J. Bact.*, 50, 1945, pp. 131-135).

(1) Séance du 29 septembre 1947.

(2) *J. Exp. Med.*, 81, 1945, p. 233.

(3) Communication personnelle, 1947.

(4) *Les ultra-virus des maladies humaines*, Paris, 1938.

R. Parker et T. Rivers ([5]) (*fig.* 1)]. Des cultures pures de cellules rénales de Lapin adulte constituent un terrain favorable à la prolifération de ce virus qui y provoque des inclusions. Des cultures identiques peuvent également être préparées sur des membranes plastiques dans un milieu entièrement liquide, ce qui obvie à la

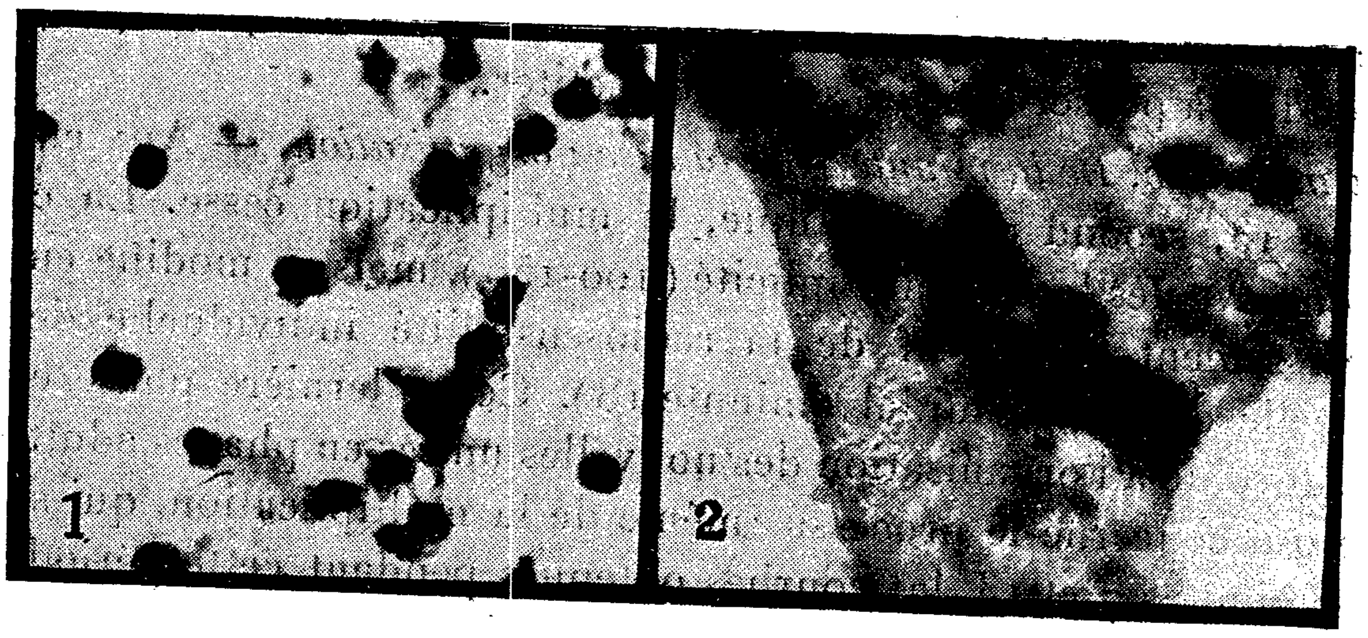


Fig. 1. — Corpuscules élémentaires de virus vaccinal en suspension pure ayant servi à l'infection des cellules (× 20000).

Fig. 2. — Infection vaccinale : prolongement bien étalé renfermant une inclusion d'origine probablement vaccinale, avec quelques corpuscules élémentaires isolés dans le voisinage (× 20000).

difficulté présentée par un coagulum plasmatique [Wirth et Barski ([6])]. Ces membranes peuvent être montées sur les diaphragmes ou grilles destinés au microscope électronique avec une précision permettant la sélection élective des cellules intéressantes [Wirth et Wirth ([7])].

Technique. — Des cultures pures de cellules rénales de Lapin adulte ont été préparées sur membranes plastiques et infectées secondairement avec une suspension pure, titrée, de corpuscules élémentaires de dermovaccine. Les cultures pures, fixées à l'acide osmique, ont été détachées avec leurs membranes plastiques de la lamelle de verre qui les supportait et mises à flotter sur de l'eau distillée dans une boîte de Petri. Certaines cellules des cultures, choisies pour leur minceur et leur aspect pathologique, ont été amenées au centre du support métallique destiné au microscope électronique, et fixées en place. Des cultures non infectées ont été traitées de même, et des séries parallèles, infectées ou non infectées, ont été colorées selon la méthode de Mann. La suspension virulente elle-même a été titrée sur le Lapin. Des frottis colorés selon la méthode de

([5]) *J. Exp. Med.*, 62, 1935, p. 65.

([6]) *Ann. Inst. Pasteur* (sous presse).

([7]) *Comptes rendus*, 225, 1947 (sous presse).

Morosow et des membranes étudiées au microscope électronique ont montré la présence de corpuscules vaccinaux avec leur configuration typique.

Résultats. — Les colorations de Mann ont montré la présence de corpuscules de Guarnieri dans les cellules épithéliales en prolifération.

Au microscope électronique, deux types de formations ont été observés. D'une part, dans certains des prolongements cellulaires relativement épais, des inclusions arrondies ou ovalaires allant de la taille d'un corpuscule élémentaire à celle d'une vingtaine de ces corpuscules, ont pu être observées avec une grande netteté; d'autre part dans les zones protoplasmiques particulièrement minces et bien étalées, des formations composites ont été visibles qui semblent constituées par des corpuscules élémentaires distincts les uns des autres. De petites inclusions isolées présentant la taille et la configuration de corpuscules élémentaires de la vaccine sont visibles dans le voisinage immédiat de ces formations (*fig.* 2). Dans des prolongements et des zones protoplasmiques de cellules non infectées, de telles formations, ou même des formations similaires n'ont jamais été observées.

Des corpuscules élémentaires isolés, rares, ont été observés en dehors des cellules, mais rarement accolés au pourtour cellulaire. Il n'est évidemment pas possible de dire d'une façon certaine si les formations observées constituent des lésions pathognomoniques de la vaccine (petits corps homogènes de Bland et Robinow, corps de Guarnieri). Les arguments cités plus haut sont cependant en faveur d'une telle interprétation.

Résumé. — La formation d'inclusions, présentant une certaine organisation, entourées d'éléments pouvant représenter des corpuscules élémentaires de la vaccine, dans des cellules épithéliales en culture, a été étudiée au microscope électronique.

Les formations en question sont absentes de cellules provenant de cultures tissulaires non infectées.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Activité de l'oxime de l'adrénochrome contre la fragilité vasculaire.* Note ([1]) de MM. **Georges Cohen**, **Jean Lavollay** et **Joseph Neumann**, présentée par M. Maurice Javillier.

Après avoir décrit avec J.-L. Parrot les effets de l'adrénaline sur la résistance capillaire ([2]), l'un de nous a plus tard signalé que l'adrénochrome

---

([1]) Séance du 27 octobre 1947.

([2]) J.-L. Parrot et J. Lavollay, *Comptes rendus*, **218**, 1944, pp. 211-213.

est également doué d'activité contre la fragilité vasculaire ([3]). La substance qu'il étudiait sur le Cobaye dès juillet 1943 était l'iodo-adrénochrome, préparé suivant Richter et Blaschko ([4]) et injecté dans la cavité péritonéale à l'état réduit, en solution dans le sérum physiologique. A la suite de l'injection de 300$^{\gamma}$ de ce produit, la résistance vasculaire passait par exemple de 27^{cm} à 35^{cm} de mercure en 24 heures et s'élevait à plus de 50^{cm} au bout de deux jours, pour ne retomber ensuite que de façon très lente (40^{cm} au bout de quatre jours, etc.).

Mais il est très difficile d'obtenir une solution de cette substance exempte d'autres composés. Les solutions contenaient notamment un peu de sulfite de sodium employé comme agent de réduction et dont la présence pouvait peut-être modifier les propriétés de la substance injectée. De fait, l'action du produit se traduisait tout d'abord par une légère chute de la résistance vasculaire (par exemple de 27^{cm} à 20^{cm} et de 18^{cm} à 14^{cm} de mercure en une heure et demie) Par ailleurs la solution ne renfermait pas d'adrénaline ainsi qu'avait bien voulu le rechercher pour nous M. J.-L. Parrot (test de l'intestin isolé).

De leur côté, J.-L. Parrot et H. Cotereau ont rapporté des résultats semblables, obtenus avec l'adrénochrome iodé non réduit ([5]).

Pour les raisons invoquées ci-dessus, il était cependant souhaitable d'étudier les propriétés de l'adrénochrome sous la forme d'un composé stable et susceptible d'être administré en solution pure : nous nous sommes adressés à l'oxime de cette substance.

Une solution d'adrénochrome a été obtenue par oxydation d'adrénaline dans les conditions précisées par l'un de nous ([6]). L'oxime a été préparée selon F. Braconnier, H. Le Bihan et C. Beaudet ([7]), par addition, à la solution aqueuse d'adrénochrome, de chlorhydrate d'hydroxylamine en quantité équimoléculaire par rapport à l'adrénaline initiale, en présence d'acétate de sodium. Le produit rouge orangé précipité dans ces conditions a été recristallisé dans l'alcool dilué. Le point de fusion des cristaux renfermant une molécule d'eau de cristallisation était de 174°C. au bloc Maquenne. (Braconnier et coll. indiquent 172°C. pour le point de fusion au tube capillaire.)

L'oxime d'adrénochrome n'avait aucune action sur l'intestin isolé de Cobaye et ne renfermait donc pas d'adrénaline

Injectée, en solution dans le sérum physiologique, dans la cavité péritonéale du Cobaye, elle renforçait très notablement la résistance vasculaire de l'animal,

---

([3]) J. Lavollay, *Congrès de l'A. F. A. S.*, octobre 1945 (à paraître).
([4]) *J. Chem. Soc.*, 1937, pp. 601-602.
([5]) *C. R. Soc. Biol.*, **139**, 1945, pp. 902-904.
([6]) G.-N. Cohen, *Comptes rendus*, **220**, 1945, pp. 796-797.
([7]) *Arch. Int. Pharmacodyn.*, **69**, 1943, 181-185.

déterminée suivant notre technique habituelle (dépression de 15 secondes, exercée sur la peau de la région lombaire). A la dose de 50 gamma, la résistance vasculaire passait en moyenne de $13^{cm},5$ à 40^{cm} de mercure en 4 heures; cet effet durait pendant plusieurs jours.

Ainsi, comme le produit de substitution iodé de l'adrénochrome, l'oxime du même corps est active contre la fragilité vasculaire. Il est donc légitime d'admettre que la molécule d'adrénochrome partage cette propriété avec l'adrénaline. On peut penser que ces deux substances l'exercent dans les conditions physiologiques normales.

La séance est levée à $15^{h}45^{m}$.

A. Lx.

ERRATA.

—

(Séance du 28 mai 1947.)

Note de MM. *Jean Cuzin, André Renier* et *Daniel Schwartz*, Épidémiologie statistique de la mosaïque du Tabac :

Par suite d'une erreur de mise en page, les deux premiers paragraphes de la page 1580 (lignes 4 à 31 inclus), doivent être reportés à la fin de la Note.

(Séance du 11 août 1947.)

Note de M. *François Kraut*, Sur la symétrie des diagrammes de quartz des gneiss et plagioclasites grenatifères de Rochechouart (Haute-Vienne) :

Page 336, 6e ligne en remontant, *au lieu de* 1,23 %, *lire* 1, 2, 3 %; 2e ligne en remontant, *au lieu de* n° **1**, *lire* n° 3.

Page 337, 3e ligne, *après* Saint-Laurent, *ajouter* Concentration 0,5, 1, 2, 3 %.

(Séance du 6 octobre 1947.)

Note de M. *Boris Rybak*, Extraction de la fertilisine :

Page 702, 12e ligne, *au lieu de* pour les essais biogiques, *lire* pour les essais biologiques; 23e ligne, *au lieu de* par CCl_3CO_2H N/3, *lire* par CCl_3CO_2H N/2.

(Séance du 13 octobre 1947.)

Note de M. *André Charrueau*, Sur des congruences de droites ou de courbes déduites d'une surface :

Page 621, 14e ligne, *au lieu de* D_1, *lire* $D_{\bar{I}}$.

Page 621, dernière ligne, *au lieu de* plans π, *lire* plans Π.

Page 622, 30e ligne, *au lieu de* passant I_0, *lire* passant par I_0.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 10 NOVEMBRE 1947.

PRÉSIDENCE DE M. LOUIS BLARINGHEM.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à MM. **Harold C. Urey**, Professeur à l'Université de Chicago, Lauréat du Prix Nobel, **John Desmond Bernal**, Membre de la Société Royale de Londres, Président de l'Association des travailleurs scientifiques britanniques, **Meghnad Saha**, Recteur de l'Université de Calcutta, **Jim G. Crowther**, Secrétaire général de la Fédération mondiale des travailleurs scientifiques, qui assistent à la séance.

HISTOIRE DES SCIENCES. — *Sur la découverte de l'oxygène par Lavoisier.* Note M. **Gabriel Bertrand**.

Un membre de la Société royale de Londres, Sir Harold Hartley, a consacré récemment à la mémoire de Lavoisier une Notice importante qui vient d'être publiée dans les *Proceedings of the Royal Society* (1) et dont plusieurs exemplaires ont été aimablement adressés à certains d'entre nous.

J'ai lu cette Notice avec un grand intérêt et je suis heureux de féliciter et de remercier ici son auteur, mais je crois devoir attirer l'attention de ceux qui s'intéressent à l'œuvre de Lavoisier et à l'Histoire de la Chimie sur la non-concordance qui existe, au sujet de la découverte de l'oxygène, entre l'opinion émise par Sir H. Hartley et celle à laquelle j'ai dû me ranger à la suite d'une étude critique que j'ai entreprise à l'occasion du bicentenaire de la naissance de l'illustre chimiste.

Sir Harold Hartley s'exprime ainsi dans la partie de sa Notice portant comme sous-titre *Priestley et l'Oxygène* : Le livre de notes de Lavoisier montre qu'en 1774 son esprit était absorbé par une série étendue de problèmes de grande importance mais trop complexes pour être résolus avec les connaissances de l'époque. Il était de plus intrigué par la relation entre l'air fixé et l'air absorbé pendant la calcination et avait essayé de trouver une chaux qui puisse être réduite et redonner cet air en l'absence du charbon. Il semble évident que Priestley le mit sur la voie à suivre lorsqu'il vint à Paris en 1774. Le 1er octobre, il révéla à Lavoisier que, par chauffage de la chaux de

---

(1) *Proc. Roy. Soc.*, A, 189, 1947, pp. 425-456.

mercure, il avait obtenu un gaz dans lequel une chandelle brûlait d'une manière particulièrement brillante. Ce fut seulement le 1er mars suivant que Priestley reconnut les propriétés remarquables de ce gaz et découvrit ainsi l'oxygène. Lavoisier obtint un peu de chaux de mercure de Cadet et après quelques expériences préliminaires en novembre, trois mois s'écoulèrent jusqu'à ce qu'il les eût complétées dans le travail de trois jours avec Trudaine, à Montigny. Il décrivit les résultats à la séance publique de l'Académie (des Sciences) en avril 1775, dans une Note sur *La nature du principe qui se combine avec les métaux durant leur calcination et augmente leur poids*.

Dans la préface du Catalogue de l'Exposition du bicentenaire de la naissance de Lavoisier, réalisée à Paris en 1943 au Palais de la Découverte (²), je me suis borné à mentionner, à l'adresse du grand public, que la découverte de l'oxygène avait été faite par Lavoisier, mais dans l'allocution que j'ai prononcée, le 11 juin de la même année, devant les membres de la Société chimique de France, sur *Lavoisier et la Chimie* (³), j'ai expliqué avec quelque détail comment Lavoisier était parvenu à découvrir l'oxygène contenu dans l'air.

En outre, dans le discours que j'ai prononcé comme Président à la Séance annuelle des Prix de l'Académie des Sciences, en décembre 1943, j'ai apporté la preuve, en m'appuyant sur les textes mêmes de Lavoisier et de Priestley, que lorsque le célèbre chimiste britannique rendit visite à son collège français, il ne lui communiqua pas avoir obtenu un gaz nouveau par chauffage du précipité *per se*, ce qui a été suggéré assez perfidement par certains commentateurs, mais qu'il ne pouvait même pas lui avoir parlé d'un gaz nouveau puisqu'il croyait avoir affaire à de l' *air nitreux phlogistiqué*, gaz qu'il avait découvert antérieurement par l'action d'un mélange humide de soufre et de fer sur ce que nous appelons aujourd'hui bioxyde d'azote et qu'il appelait alors *air nitreux*.

Dans mon allocution à la Société chimique de France et dans mon discours à l'Académie des Sciences, j'ai essayé de rendre à chacun des chimistes qui ont coutribué à la découverte de l'oxygène la part qui leur revient. C'est ainsi que je suis arrivé à formuler l'opinion suivante : tout d'abord Priestley n'a pu faire part à Lavoisier, lors de son passage à Paris, de la découverte d'un gaz considéré par lui comme nouveau, mais d'un étrange mode de production de ce qu'il croyait être du *gaz nitreux phlogistiqué*; ensuite Lavoisier, Priestley et Scheele ont obtenu et identifié, chacun à sa manière et selon son génie propre, un même gaz, dénommé plus tard oxygène, mais, textes et dates sous les yeux, Lavoisier a fait connaître sa découverte avant que Priestley ait publié la sienne.

Si le résultat de mon étude critique avait démontré que Priestley était le premier à avoir reconnu et dévoilé l'oxygène comme gaz nouveau, je n'aurais

---

(²) *Le Palais de la Découverte. Deuxième centenaire de Lavoisier*. Publié par l'Université de Paris, novembre 1943, 56 pages et 18 planches illustrées.

(³) *Bull. Soc. Chim.*, 5e série, **11**, 1944, hors-texte pp. 2-6.

eu qu'à me ranger à cette opinion définitive. Il serait encore resté une belle part à l'actif de Lavoisier : l'éclatante série de conséquences qu'il a su tirer de cette découverte.

Le discours prononcé par le Président de l'Académie à la séance annuelle des prix ne porte ordinairement pas d'autre titre que celui de *Discours de M. le Président de l'Académie*, il est donc très probable que la partie consacrée à la découverte de l'oxygène dans celui de 1943 a échappé à la connaissance de Sir Harold Hartley, comme à celle de beaucoup d'autres chercheurs. C'est pour parer à cet inconvénient que je publie les lignes ci-dessus avec un titre que l'on pourra désormais trouver dans une recherche bibliographique.

BOTANIQUE APPLIQUÉE. — *Essai de coordination de nos connaissances actuelles sur les Caféiers et les espèces du genre* Coffea. Note de M. **Auguste Chevalier**.

Le *Coffea arabica* L., décrit par Antoine de Jussieu en 1713 dans les *Mémoires de l'Académie royale des Sciences*, a été pendant longtemps la seule espèce de Caféier connue et cultivée. L'exploration de l'Afrique tropicale au XIXe siècle et au début du XXe devait amener la découverte de nombreuses autres espèces. Depuis bientôt cinquante ans j'ai pris moi-même part à ces recherches. J'ai observé dans l'Ouest africain, au Congo et dans l'Oubangui-Chari de nombreuses espèces de Caféiers sauvages dont diverses formes appartenant à la section *Eucoffea* peuvent donner des cafés de choix à la condition d'être sélectionnés et cultivés dans des conditions édaphiques leur convenant. Depuis vingt années je me suis appliqué à rassembler, dans un travail de synthèse, l'ensemble de nos connaissances sur ces plantes précieuses, dans un ouvrage *Les Caféiers du globe*, en trois volumes, dont le dernier vient de paraître (1).

En outre, j'ai publié en 1944, aux Presses Universitaires, un petit livre, *Le Café*, faisant le point sur ce que l'on sait actuellement sur ce produit précieux. L'Ouvrage qui vient de paraître montre la complexité des problèmes relatifs aux Caféiers. Il nous a fallu grouper la cinquantaine d'espèces connues par section. La section *Eucoffea*, la seule qui renferme des espèces contenant de la caféine, est spéciale à l'Afrique tropicale ; une autre section, celle des *Mascarocoffea*, spéciale à Madagascar et aux îles Mascareignes, comprend une vingtaine d'espèces dont les graines peuvent donner aussi du café, mais ne renferment pas de caféine, enfin les sections *Paracoffea* Miq. et *Argocoffea* Pierre sont des arbustes ou des lianes qui, tout en ayant des fleurs ressemblant à des Caféiers et pouvant être maintenus dans le genre *Coffea*, ont cependant des fruits très

---

(1) Les *Caféiers du Globe* : I. *Généralités sur les Caféiers*, 1929 ; II. *Iconographie des Caféiers*, 1944 ; III. *Systématique des Caféiers et Faux Caféiers. Maladies et insectes nuisibles*, 1947, Paris.

différents, sans caféine et inutilisables. J'ai éliminé du genre *Coffea* un assez grand nombre d'espèces qui y avaient été incluses à tort. Elles passent dans les genres *Lachnastoma* Korth., *Belanophora* Hook f., *Tricalysia* Rich., etc., dont nous avons fait la tribu des *Protocofféinées*. Dans les *Cofféastrées* qui renferment les vrais Caféiers, nous avons maintenu les genres *Psilanthus* Hook f. (1873) et *Psilanthopsis* (Chev.) (1939) dont les graines renferment de la caféine et sont très proches des *Coffea*; elles sont utilisables. Enfin de nombreux faux caféiers sont aussi passés en revue. Nous avons consacré des chapitres étendus à la systématique de toutes ces plantes, à leur écologie, à leur distribution géographique, aux hybrides, etc.

Un chapitre, particulièrement original, est celui relatif à l'anatomie comparée du genre *Coffea* et de quelques *Rubiacées-Ixorées*, étude due à notre regretté ami le Dr L. Beille. Enfin le chapitre III, Génétique et variations dans les Caféiers, s'appuie surtout sur les travaux de P.-J.-S. Cramer, C. A. Krug, Mendès, Carvalho, J. Lebrun, etc.

La troisième partie, *Ennemis et Maladies des Caféiers*, est consacrée à la Phytopathologie des *Coffea*. Ainsi que nous l'avons montré, toutes les espèces, tant qu'elles vivent à l'état spontané dans les savanes et les brousses africaines, sont indemnes de maladies, mais dès qu'on les met en culture, elles subissent des attaques nombreuses d'insectes et de champignons.

Nous avons appelé aussi l'attention sur les désastres au point de vue de la stérilisation des terres qu'entraîne la culture du Caféier si elle est faite d'une manière irrationnelle. Le Caféier finit par s'éliminer lui-même des terrains où on le cultive. Il y a non seulement épuisement et lessivage superficiel des sols et latéritisation en profondeur, mais aussi empoisonnement probable des terres dû à des toxines sécrétées par des racines. Le Caféier, surtout l'espèce *Coffea arabica*, dépérit et devient très susceptible aux maladies. Sa culture a ainsi disparu de Ceylan et de Java aux basses altitudes. Au Brésil, des centaines de milliers d'hectares plantés en Caféiers, il y a 50 ou 60 ans, ont été stérilisés et il a fallu par la suite défricher de nouvelles forêts vierges. Tout récemment, dans l'Oubangui, des milliers d'hectares plantés en *Coffea excelsa* ont succombé brusquement par suite des attaques d'un *Fusarium*. Il faut incriminer sans doute les mauvaises conditions de culture qui entraînent l'épuisement du sol.

Le meilleur moyen de lutte dans l'avenir est de continuer à améliorer les Caféiers cultivés en partant de formes sauvages, en cherchant à obtenir des races et clones résistants et fournissant du café de qualité. En outre, il faudra pratiquer la culture suivant des techniques rationnelles et sur des sols appropriés, en créant par l'ombrage des microclimats favorables. Il reste de nombreuses recherches à poursuivre dans cette voie et nous avons la conviction que dans les divers territoires de la France d'Outre-Mer, on pourra obtenir tout le café nécessaire à notre pays, à condition que les techniques soient considérablement améliorées, si l'on veut bien s'occuper de la sélection des espèces autres

que le *Coffea arabica*. Celui-ci ne peut être cultivé avec avantage que sur les montagnes, mais d'autres espèces peuvent être cultivées aux basses altitudes des régions équatoriales et tropicales et elles peuvent donner aussi des cafés de qualité si l'on en améliore la culture par la sélection des variétés et l'aménagement rationnel des sols appropriés à cette culture.

THÉORIE DES DIMENSIONS. — *Commentaires sur la similitude mécanique et l'analyse dimensionnelle*. Note de M. **Dimitri Riabouchinsky**.

1. Lord Rayleigh, en parlant des applications du principe de similitude, a mentionné (1) qu'il avait été souvent impressionné par le médiocre intérêt que les physiciens, poursuivant des recherches originales, témoignaient à ce grand principe. Il leur arrive non rarement, ajoute-t-il, de présenter sous la forme de *lois* les résultats de recherches expérimentales élaborées, tandis que quelques minutes de réflexion auraient suffi pour les prédire à priori. Il en voit la raison, d'une part dans le fait que l'application de ce principe à des cas particuliers n'intéresse guère les mathématiciens et, d'autre part, dans les notations défectueuses, tendant à l'obscurcir. Il ne compare cependant nulle part la méthode, qu'il avait appliquée avec succès à un grand nombre de cas particuliers et qui rentre dans le cadre de l'*analyse dimensionnelle* moderne, à celle qui figurait alors dans les recueils sous le titre de *Similitude mécanique*. J'ai essayé précédemment (2) de combler cette lacune et me propose actuellement d'ajouter quelques commentaires à ce que j'avais déjà dit.

2. *L'axiome d'homogénéité*. — La similitude mécanique et l'analyse dimensionnelle ont comme base commune l'axiome d'homogénéité des formules définissant quantitativement les lois de la Nature. Ces lois et formules ne sauraient être modifiées du fait seul qu'on emploierait, pour effectuer les mesures, des unités de longueur, de masse et de temps respectivement λ, μ et τ fois plus petites ou plus grandes. Dans le cas de ces trois unités fondamentales, la définition analytique de cet axiome est

$$(1)\qquad f(\lambda^{p'_a}\mu^{q'_a}\tau^{r'_a}a,\ \lambda^{p'_b}\mu^{q'_b}\tau^{r'_b}b,\ \ldots,\ \lambda^{p'_n}\mu^{q'_n}\tau^{r'_n}n) = \lambda^{\xi'}\mu^{\eta'}\tau^{\xi'}f(a, b, \ldots, n) = 0,$$

où les dimensions des grandeurs $a, b, \ldots, n$ sont respectivement $L^{p'_a}M^{q'_a}T^{r'_a}$, $L^{p'_b}M^{q'_b}T^{r'_b}$, ..., $L^{p'_n}M^{q'_n}T^{r'_n}$ et celle de la fonction est $L^{\xi'}M^{\eta'}T^{\zeta'}$. On démontre cette formule en appliquant consécutivement à chacune des trois unités indépendantes L, M, T, la formule classique de la théorie des fonctions homogènes de degré n

$$f(\lambda x, \lambda y, \ldots) = \lambda^n f(x, y, \ldots).$$

(1) *Nature*, London, 6, Cambridge, 95, 1915, p. 66.

(2) *Comptes rendus*, 217, 1943, p. 200.

3. *Similitude mécanique.* — Les deux fonctions figurant dans (1), égalées à zéro, peuvent être interprétées comme précisant les conditions devant être satisfaites pour qu'on puisse, en étudiant le modèle d'une machine, juger du fonctionnement de cette machine en grandeur naturelle. Notons aussi qu'on admet dans cette théorie que λ, μ, τ sont des constantes arbitraires positives.

4. *Analyse dimensionnelle.* — Développons la fonction

$$f(a, b, \ldots, k, l, m, n) = 0,$$

figurant dans l'équation (1), en série de Maclaurin, *sans oublier* qu'on connaît *a priori*, en raison de l'axiome d'homogénéité, que tous les termes de ce développement doivent avoir une même dimension $\mathcal{D} = L^{\xi'} M^{\eta'} T^{\zeta'}$. Il résulte de cette condition préalable, que toutes les dérivées $\partial^{\omega} f / \partial a^{\omega_1} \partial b^{\omega_2} \ldots, \partial n^{\omega_n}$ s'annulent lorsqu'on donne à $a, b, \ldots, n$ la valeur zéro à l'exception de celles qui, correspondant aux termes de dimension $\mathcal{D}$, se réduisent à des constantes. Il faut donc admettre que si la fonction f est développable en série de Maclaurin, elle doit être de la forme

$$f(a, b, \ldots, k, l, m, n) = \Sigma c_i a^{\alpha_i} b^{\beta_i} \ldots k^{\varkappa_i} l^{\lambda_i} m^{\mu_i} n^{\nu_i} = 0, \tag{2}$$

les constantes c_i étant des nombres purs. Si, par exemple, la fonction f ne comprend que deux grandeurs a et b de même dimension, il vient, en raison du *théorème d'Euler des fonctions homogènes*,

$$(a, b) = c_0 a^n + c_1 a^{n-1} b + c_2 a^{n-2} b^2 + \ldots; \qquad c_i = \frac{n(n-1)\ldots(n-i+1)}{n!\, i!} \frac{\partial^i f}{\partial a^{n-i} \partial b^i}.$$

On pourrait donc dire, en précisant la valeur des coefficients c_i dans le développement (2) que, dans le cas des 3 unités fondamentales, ce développement est une extension du théorème d'Euler aux fonctions triplement homogènes.

En effectuant quelques transformations, que j'ai appliquées antérieurement[3], on ramène l'équation (2) à la forme

$$\left(\frac{l}{l_0}\right)^{\xi}\left(\frac{m}{m_0}\right)^{\eta}\left(\frac{n}{n_0}\right)^{\zeta} f\left[\left(\frac{l_0}{l}\right)^{p_a}\left(\frac{m_0}{m}\right)^{q_a}\left(\frac{n_0}{n}\right)^{r_a} a, \left(\frac{l_0}{l}\right)^{p_b}\left(\frac{m_0}{m}\right)^{q_b}\left(\frac{n_0}{n}\right)^{r_b} b, \ldots, \left(\frac{l_0}{l}\right)^{p_k}\left(\frac{m_0}{m}\right)^{q_k}\left(\frac{n_0}{n}\right)^{r_k} k, l_0, m_0, n_0\right] = 0. \tag{3}$$

On peut aussi omettre dans (3) les constantes et le multiplicateur commun, mais la fonction φ qu'on obtient ainsi

$$\varphi\left(l^{-p_a} m^{-q_a} n^{-r_a} a, l^{-p_b} m^{-q_b} n^{-r_b} b, \ldots, l^{-p_k} m^{-q_k} n^{-r_k} k\right) = 0, \tag{4}$$

ne correspond plus à la fonction f et dépend du choix des constantes omises.

---

(3) *L'Aérophile*, Paris, 1er sept. 1911; *Bull. de l'Inst. Aérodynamique de Koutchino*, IV, Moscou 1912, pp. 49-55; *Bull. Techn. du Serv. Techn. Aéronautique*, 17, Paris, 1924, pp. 83-93.

Le théorème (3) est plus général que le théorème (4) et présente de plus grands avantages au point de vue des applications.

5. *Comparaison de la formule fondamentale de la similitude mécanique à celle de l'analyse dimensionnelle.* — En comparant l'équation (1) à l'équation (3), on constate qu'on peut passer de l'une à l'autre en exprimant les dimensions de toutes les grandeurs dans (1) en l, m, n au lieu de les exprimer explicitement en M, L, T, en posant $\lambda = l_0/l$, $\mu = m_0/m$, $\tau = n_0/n$ et en modifiant en conséquence les exposants figurant dans (1). C'est cette transformation qui détermine la plus grande puissance, en tant qu'instrument de recherche, de l'analyse dimensionnelle, comparativement à celle de la similitude mécanique.

Cette transformation, maintenant qu'elle est connue, permet de démontrer les formules (3) et (4) sans passer par le développement restrictif (2), ce dernier conservant cependant le privilège d'avoir permis d'obtenir *une première démonstration exacte* de la formule (4) et la formule générale (3) établissant le rapport entre la similitude mécanique et l'analyse dimensionnelle (4).

5. Je mentionnerai en dernier lieu la question : quel est le nombre minimum des unités fondamentales absolument indispensables ? Si l'on pouvait ramener l'explication de tous les phénomènes à la mécanique newtonienne, la réponse serait *trois*. Mais, même en l'absence de cette possibilité, l'hypothèse de trois unités fondamentales trouve des défenseurs. Pour placer la discussion de ce problème, d'un grand intérêt philosophique, sur le terrain ferme d'un fait concret, j'ai attiré (5) l'attention sur la circonstance qu'un problème résolu par Lord Rayleigh (6), en considérant la température comme quatrième unité fondamentale, comporte une solution différente si l'on définit la température comme énergie cinétique moyenne des molécules. Dans sa réponse, Lord Rayleigh (7) mentionne que la question que j'avais soulevée méritait d'être discutée d'une façon approfondie. Il prit lui-même part à cette discussion, ainsi que Sir Joseph Larmor, E. Buckingham, P. W. Bridgman, Mme T. Ehrenfest-Afanassieva, Norman Campbell, A. W. Porter, Robert Esnault-Pelterie. Le problème étant ardu, cette discussion ne semble pas devoir être définitivement close bientôt.

PHYSIQUE COSMIQUE. — *Sur le magnétisme des corps célestes.* Note (1) de M. ALEXANDRE DAUVILLIER.

Dans un travail d'un haut intérêt, P. M. S. Blackett (2) a récemment souligné, après Shuster, Décombe, H. A. Wilson et d'autres auteurs,

---

(4) L'appréciation de cette démonstration, formulée par M. R. Esnault-Pelterie (*Comptes rendus*, **225**, 1947, pp. 709-712), diffère de celle qui est motivée ici.

(5), (6), (7), *Nature*, London, XCV, 1915, pp. 591, 67, 644.

(1) Séance du 3 novembre 1947.

(2) *Nature*, **159**, 1947, pp. 658-666.

que le rapport du moment magnétique P au moment de rotation U était, pour la Terre, le Soleil et l'étoile 78 Virginis, sensiblement constant et égal au quotient de la racine carrée de la constante de la gravitation G par la vitesse c de la lumière :

$$\frac{P}{U} = \beta \frac{G^{\frac{1}{2}}}{c} \sim 10^{-15} \text{ C. G. S.}, \tag{1}$$

β étant une constante voisine de l'unité.

Bien que ce résultat troublant soit purement empirique et dénué, quant à présent, d'interprétation théorique certaine, il est censé recéler une profonde signification physique en indiquant une relation depuis longtemps soupçonnée, entre l'électromagnétisme et la gravitation. L. Décombe (³), en 1922, J. Mariani (⁴), en 1938, en ont tenté une interprétation théorique.

Il convient, cependant, de remarquer que cette proportionnalité n'est étendue à 78 Virginis, dont le champ magnétique est connu depuis peu grâce aux belles mesures de H. W. Babcock, qu'avec peu de certitude, le moment angulaire de cette étoile étant estimé statistiquement et le sens de la rotation étant inconnu. Il est à noter que, dans cette classe stellaire, la vitesse périphérique peut varier de 25 à 250 km/s. Le moment U est calculé, pour la Terre et le Soleil, en admettant que ces corps sont homogènes, ce qui est loin d'être le cas, et la rotation différentielle du Soleil complique encore cette constante d'une manière inconnue.

Le champ de Hale étant, lui-même, fort incertain, le moment magnétique du Soleil est calculé d'après les récentes mesures de Thiessen (53 ± 12 gauss) et la relation ne serait plus satisfaite si l'on admettait la valeur trouvée par H. Deslandres en 1911 dans la région des protubérances hautes (10^{-7} gauss). Ce champ est, d'ailleurs, de sens opposé à celui de la Terre.

Cette relation pose, d'une manière générale, le grave problème de l'origine du magnétisme des corps célestes. Après maints autres savants, P. M. S. Blackett opine pour une théorie unitaire attribuant le magnétisme à la seule rotation d'une masse matérielle électriquement neutre, bien que ce processus soit contraire à l'électromagnétisme classique et échappe à toute vérification expérimentale. Nous pensons, quant à nous, après Kr. Birkeland, A. Nippoldt et d'autres, que le magnétisme stellaire et le magnétisme planétaire ne sont pas de même nature et que le second est sous l'exclusive dépendance du premier (⁵). Le rapport P/U ne serait constant que pour les étoiles, si leur magnétisme résulte de leur rotation, selon quelque processus électromagnétique. Nous croyons que le magnétisme planétaire est dû au ferromagnétisme de la

(³) *Comptes rendus*, **175**, 1922, p. 872.
(⁴) *Comptes rendus*, **206**, 1938, p. 1247.
(⁵) *Comptes rendus*, **210**, 1940, p. 177.

pellicule superficielle des lithosphères des planètes denses et que les grosses planètes, contrairement à l'opinion de P. M. S. Blackett, sont dépourvues de magnétisme. La position de l'axe géomagnétique, la variation séculaire et les variations périodiques associées à l'activité solaire, plaident en faveur de cette idée.

Si l'hypothèse gyromagnétique est exacte, un ferromagnétisme lunaire ne saurait vérifier l'équation (1). Cependant, ayant sur ces bases calculé autrefois le moment magnétique de la Lune, par analogie avec le magnétisme terrestre, nous avons recherché à quel rapport P/U conduisait ce calcul. La Lune est, peut-être, le seul corps céleste dont le moment de rotation soit bien connu, grâce à son homogénéité. On a, avec des notations évidentes :

$$U = \frac{2}{3}\omega MR^2 = 2,3.10^{35} \text{ C. G. S.} \qquad (2)$$

La Lune, ayant subi la même évolution chimique que notre lithosphère, doit posséder, dans les épanchements basaltiques inondant ses mers, une teneur en magnétite (11 %) comparable à celle existant dans les laves et les socles océaniques terrestres. Nous avons trouvé [6] que le point de Curie de ce minéral était atteint, sur la Lune, à la très faible profondeur de 6^{km} seulement, ce qui conduit, en admettant une aimantation moyenne de 7,8 gauss/cm^3, à un moment P égal à 17.10^{23} C. G. S. Il en résulterait, pour notre satellite, un rapport P/U voisin de 10^{-12}, mille fois plus grand que ne l'indique l'équation (1), quoique le moment P, ainsi calculé, semble bien être une limite *inférieure*.

La détection d'un moment magnétique possédé par les grosses planètes semble irréalisable. Il ne reste donc que la mesure directe du magnétisme lunaire pour résoudre cette importante question, et c'est un puissant argument de plus pour hâter l'envoi d'observateurs sur notre satellite.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Mode rapide d'identification, par voie microchimique, des moindres parcelles de cobalt et de nickel à l'état métallique*. Note [1] de M. **Georges Denigès**.

Cas du Cobalt. — Disons, tout d'abord, que le cobalt, élément magnétique comme le fer et le nickel, est, ainsi qu'eux, attirable à l'aimant. C'est un premier caractère utilisable avec les limailles les plus fines de ce métal. En outre, il présente une riche gamme de réactions spécifiques dont les principales — connues ou inédites — pourront être ainsi appliquées.

Dans une petite capsule de porcelaine — à manche de préférence — intro-

---

[6] A. Dauvillier, *Arch. Sc. Phys. Nat.*, Genève, 5e série, **24**, 1942, pp. 5-24, 65-95, et 125-159; *Physique cosmique*, **1**, Paris, 1947.

[1] Séance du 3 novembre 1947.

duire 1^{cg}, environ, du métal qu'on veut identifier, ajouter $0^{cm^3},5$ de NO_3H et porter à une douce chaleur. Dans le cas du cobalt, celui-ci est bientôt vivement attaqué et le nitrate formé colore en rose le liquide final qu'on évapore à siccité ou, tout au moins, à une consistance fortement sirupeuse. A mesure que l'évaporation se produit, la teinte passe au pourpre.

Le résidu, dispersé dans $0^{cm^3},2$ d'eau, constitue une solution (liquide A) dont on porte, sur une lame de verre, 1 gouttelette prélevée avec le bout arrondi d'une baguette de verre et on la mélange — en l'étalant le moins possible — avec 1 gouttelette, d'environ même volume, de SO_4H_2 dilué au tiers, en volume. L'ensemble est chauffé tout au-dessus d'une petite flamme de gaz, en imprimant à la lame un mouvement circulaire de façon que l'action de la chaleur s'exerce surtout au pourtour du mélange. On arrête l'opération dès qu'est obtenue une déssiccation au moins partielle du résidu et, sans le couvrir d'une lamelle, on l'examine à un grossissement de 100 à 200 D. On le trouve parsemé d'hexaèdres, de couleur rosée, très souvent groupés en rosaces. Assez hygroscopiques, ces cristaux tendent à disparaître après plusieurs heures; ils se reforment par une nouvelle dessiccation partielle.

Le reste de A est additionné de 2^{cm^3} d'eau et le tout est réparti dans 4 petits tubes à essai. Le contenu de l'un sera additionné de 3 ou 4 fois son volume de ClH concentré et devra prendre une coloration vert bleu avec spectre d'absorption particulier, dans le rouge orangé ([2]).

A celui du 2e tube, on ajoutera son volume d'une solution, saturée à froid, de sulfocyanate de potassium. Après agitation, le mélange présentera une forte coloration bleu violet (réaction de Schœnn), passant au bleu franc, à l'ébullition et reprenant la teinte violacée par refroidissement.

En outre, il offre un spectre d'absorption typique : forte bande dans l'orangé et plage plus large, mais moins intense dans la région jaune vert ([3]). Enfin, comme l'a indiqué Rusting, le liquide coloré, agité avec un mélange à parties égales d'oxyde d'éthyle et d'amylol, lui cède sa matière colorante.

Le contenu des deux derniers tubes est additionné de son volume d'une solution obtenue en mélangeant une solution d'acide tartrique, à 5-6 % de titre, avec la moitié de son volume d'ammoniaque. Cela fait, dans le tube 3, on verse quelques gouttes d'une solution, à environ 5 % de ferricyanure de potassium, ce qui donne un précipité rouge marron (réaction de Skey) et, dans le tube 4, quelques gouttes de ferrocyanure de potassium de même titre, ce qui produit un précipité vert passant lentement au bleu.

Cas du nickel. — On fait la solution nitrique de ce métal comme celle du cobalt, mais en doublant la dose d'acide. On obtient, ainsi, un liquide vert $[(NO_3)_2Ni]$

([2]) G. Denigès, *Comptes rendus*, **180**, 1925, p. 1748.

([3]) Ce caractère spectroscopique, très sensible, et la coloration bleue du liquide chauffé n'ont pas été signalés par Schœnn.

dont l'évaporation affaiblit la teinte. Le résidu, desséché ou seulement amené à consistance sirupeuse, est dispersé dans $0^{cm^3},2$ d'eau (liquide B) dont on prélèvera 2 gouttelettes qui seront mises, chacune, sur une lame porte-objet distincte.

Sur l'une d'elles, on porte 1 goutte d'acide chlorhydrique concentré et l'on évapore le tout comme il a été prescrit pour le cas du cobalt. Dès qu'un bourrelet de dessiccation se forme, au pourtour du mélange, on l'examine au microscope (sans lamelle, mais à 400 D, au moins) : il est généralement farci de cristaux prismatiques allongés, à type de pyramide quadrangulaire.

Ces cristaux, formés de chlorure de nickel, sont très hygroscopiques et disparaissent assez rapidement. Une nouvelle dessiccation en permet la réapparition.

L'autre gouttelette, traitée dans les mêmes conditions, mais en remplaçant ClH par SO_4H_2 dilué au tiers, fournit par dessiccation partielle de la masse, des cristaux très faiblement colorés en jaune verdâtre, composés de sulfate de nickel, se présentant sous forme d'hexaèdres, mais à angles plus ou moins arrondis et se voyant fort bien à un grossissement de 100 à 200 D. Ils sont souvent groupés en forme de barillets.

Après un certain temps d'abandon à l'air libre, l'aspect du champ se transforme; on y voit, parfois, de rares mais très volumineuses plaques hexagonales, vert clair, et des assemblages, feuillus ou arborescents, de fins cristaux aiguillés disparaissent aussi. Par une nouvelle dessiccation, on régénère les hexaèdres primitifs.

Enfin, le reste du liquide B est additionné de 1^{cm^3} de solution tartrique ammoniacale et réparti entre deux petits tubes à essai dont l'un reçoit, en outre, quelques gouttes de ferricyanure de potassium qui déterminent la formation d'un précipité jaune, tendant vers l'orangé, et l'autre, quelques gouttes de ferrocyanure de potassium qui donnent un précipité vert bleu.

M. Auguste Chevalier fait hommage à l'Académie de son Ouvrage intitulé *Les Caféiers du Globe*. Fascicule III : *Systématique des Caféiers et Faux-Caféiers. Maladies et Insectes nuisibles*, qui constitue le tome XXVIII de l'*Encyclopédie biologique*.

M. Roger Heim fait hommage à l'Académie d'un Ouvrage qu'il vient de publier intitulé *La sombre route*.

DÉSIGNATIONS.

La Société des Ingénieurs civils de France invite l'Académie à se faire représenter aux cérémonies qu'elle organisera du 30 mai au 6 juin 1948, pour commémorer le centième anniversaire de sa fondation.

MM. **Louis de Broglie**, **Albert Caquot**, **Camille Gutton**, **Albert Portevin**, **Pierre Chevenard**, **René Barthélemy**, **Georges Darrieus** sont désignés.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Faune de France. 47. *Hyménoptères tenthredoïdes*, par Lucien Berland (présenté par M. L. Fage).

THÉORIE DES NOMBRES. — *Un théorème sur les approximations diophantines.* Note[1] de M. **István Sándor Gál**, présentée par M. Jacques Hadamard[2].

Dans ce qui suit, nous désignons par (a, b) le plus grand diviseur commun et par $[a, b]$ le plus petit multiple commun, des entiers a, b. Soit de plus

$$\frac{(a, b)}{[a, b]} = \langle a, b \rangle.$$

x étant nombre réel quelconque, soit $[x]$ le plus grand entier contenu dans x, et posons $(x) = x - [x]$ et $\{x\} = x - [x] - 1/2$.

E. Landau[3] a montré que

$$\int_0^1 \{ax\}\{bx\}\, dx = \frac{1}{12}\langle a, b\rangle. \tag{1}$$

Cela met en relation la somme $\sum_{i,j \leqq N} \langle n_i, n_j\rangle$ avec le problème de Hardy-Littlewood relatif aux approximations diophantines[4]. En effet, on a, d'après (1),

$$\int_0^1 \left[\sum_{i=1}^{N} (n_i x) - \frac{N}{2}\right] dx = \frac{1}{12} \sum_{i,j \leqq N} \langle n_i, n_j\rangle.$$

M. P. Erdös, qui a étudié le premier la somme en question, a montré[5] que

$$\sum_{i,j \leqq N} \langle n_i, n_j\rangle \leqq c_1 N \log N.$$

---

(1) Séance du 27 octobre 1947.

(2) Note reçue par moi fin août dernier et dont la présentation a été retardée (J. H.).

(3) *Vorlesungen über Zahlentheorie*, II, p. 170.

(4) Cf. J. F. Koksma, *Diophantische Approximationen*, pp. 102-110.

(5) D'après une communication par lettre de M. P. Erdös.

Je considère, au lieu de cette somme, la fonction

$$f(\mathrm{N})=\max_{|n_i|}\sum_{i,j\leqq \mathrm{N}}\langle n_i,\, n_j\rangle,$$

$|n_1, n_2, \ldots, n_{\mathrm{N}}|$ parcourant tous les systèmes N-uples d'entiers positifs différents. (Lorsque nous parlons, dans ce qui suit, d'un « N-uple », nous en entendons toujours un tel système.)

Nous avons le

Théorème. — *Il existe des constantes* c_2 *et* c_3, *indépendantes de* N, *telles que*

$$c_2\mathrm{N}(\log\log \mathrm{N})^2\leqq f(\mathrm{N})\leqq c_3\mathrm{N}(\log\log \mathrm{N})^2$$

pour N *assez grand* ($\mathrm{N}\geqq c_4$).

Pour obtenir la limite inférieure, il suffit d'observer que

$$\sum_{n_i,n_j\,|\,p_1^{k-1}p_2^{k-1}\ldots p_k^{k-1}}\langle n_i,\, n_j\rangle=\prod_{p\,|\,p_1p_2\ldots p_k}\left(k+2\sum_{\nu=1}^{k-1}\frac{k-\nu}{p^{\nu}}\right).$$

La limite supérieure s'établit d'une manière beaucoup plus compliquée. Je me sers de deux lemmes faciles à démontrer :

Lemme 1. — *A tout* N-*uple* $|n_1, n_2, \ldots, n_{\mathrm{N}}|$ *on peut en faire correspondre un autre* $|n'_1, n'_2, \ldots, n'_{\mathrm{N}}|$, *de façon que si*

$$[n_1, n_2, \ldots, n_{\mathrm{N}}]=p_{\nu_1}^{\alpha_1}p_{\nu_2}^{\alpha_2}\ldots p_{\nu_k}^{\alpha_k};\qquad \alpha_i\geqq 1\qquad (i=1, 2, \ldots, k),$$

alors

$$\sum_{i,j\leqq \mathrm{N}}\langle n_i,\, n_j\rangle\leqq\sum_{i,j\leqq \mathrm{N}}\langle n'_i,\, n'_j\rangle\qquad\text{et}\qquad [n'_1, n'_2, \ldots, n'_{\mathrm{N}}]=p_1^{\alpha_1}p_2^{\alpha_2}\ldots p_k^{\alpha_k}$$

$$(p_1=2,\; p_2=3,\; p_3=5,\; \ldots).$$

Lemme 2. — *Soit* $[n_1, n_2, \ldots, n_{\mathrm{N}}]=p_1^{\alpha_1}p_2^{\alpha_2}\ldots p_k^{\alpha_k}$ *et supposons que, pour chaque* $p_\nu(\nu=1, 2, \ldots, k)$, *il existe deux éléments du* N-*uple*, n_i *et* n_j, *tels que* $n_i=p_\nu n_j$, *alors* $k\leqq\binom{\mathrm{N}}{2}$.

De ces deux lemmes, je déduis d'abord le

Théorème auxiliaire. — *A tout* N-*uple* $|n_1, n_2, \ldots, n_{\mathrm{N}}|$, *on peut en faire correspondre un autre* $|\bar{n}_1, \bar{n}_2, \ldots, \bar{n}_{\mathrm{N}}|$ *jouissant des propriétés suivantes :*

a. $$\sum_{i,j\leqq \mathrm{N}}\langle n_i,\, n_j\rangle\leqq\sum_{i,j\leqq \mathrm{N}}\langle \bar{n}_i,\, \bar{n}_j\rangle;$$

b. $$[\bar{n}_1, \bar{n}_2, \ldots, \bar{n}_{\mathrm{N}}]=p_1^{\alpha_1}.p_2^{\alpha_2}\ldots p_k^{\alpha_k};\; k\leqq\binom{\mathrm{N}}{2},$$

c. lorsque $p_\nu^l/\bar{n}_i$, *mais* $p_\nu^{l+1}\nmid\bar{n}_i$; *et* $l\neq[\alpha_\nu/2]$, *alors il existe un* $\bar{n}_j$ *tel que* $\bar{n}_j=p_\nu^{[\alpha_\nu/2]-l}\,\bar{n}_i$.

Je démontre ce théorème auxiliaire en construisant certaines chaînes

de N-uples dont la première commence par le N-uple donné et la dernière se termine par le N-uple cherché.

On peut montrer qu'un tel N-uple *extrémal* $|\bar{n}_1, \bar{n}_2, \ldots, \bar{n}_N|$ comprend toujours un élément $\bar{n}_u$ tel que

$$\sum_{i=1}^{N} \langle \bar{n}_u, \bar{n}_j \rangle < c_5 (\log\log N)^2.$$

A cet effet, on n'a qu'à choisir l'élément contenant le plus grand nombre de facteurs premiers supérieurs à $(\log N)^3$, chacun à une puissance $\neq [\alpha_\nu/2]$.

Le même procédé s'applique d'ailleurs aussi, d'une manière beaucoup plus simple, à l'étude de la fonction

$$g(N) = \max_{(n_i);\, |\mu(n_i)|=1} \sum_{i,j \leq N} \langle n_i, n_j \rangle.$$

On peut montrer de cette façon que

$$c_6 N \log\log N \leq g(N) \leq c_7 N \log\log N.$$

ALGÈBRE. — *Sur l'arithmétique des filtres premiers.*
Note (¹) de M. **António Monteiro**, présentée par M. Élie Cartan.

1. Soit R un réticulé (²) contenant au moins deux éléments. Nous dirons qu'un ensemble F, non vide, contenu dans R, est un *filtre* (³) si : 1° $F \neq R$; 2° si $f \in F$ et $r \in R$, alors $f \cup r \in F$; 3° si $f, g \in F$, alors $f \cap g \in F$. La notion duale de filtre est celle d'idéal. On dit qu'un *filtre* est *premier*, si $a \cup b \in F$ entraîne $a \in F$ ou $b \in F$. D'une façon duale on définit les idéaux premiers. Un *filtre* est dit *maximal* s'il n'existe aucun filtre contenant effectivement le filtre F. D'une façon analogue on définit les idéaux maximaux. Il peut arriver qu'un réticulé ne contienne aucun filtre premier. Le cas opposé est celui où tous les filtres sont premiers.

1° *Pour que, dans un réticulé* R, *tous les filtres (idéaux) soient des filtres (idéaux) premiers, il faut et il suffit que* R *soit linéaire* (⁴).

Entre ces deux cas extrêmes on peut considérer le cas où chaque filtre est l'intersection de filtres premiers. Nous donnerons à cette propriété le nom de *théorème de l'arithmétique des filtres premiers*. Dualement on peut considérer le

---

(¹) Séance du 3 novembre 1947.

(²) Garret Birkhoff, *Lattice Theory* (*Am. Math. Soc. Colloquium Publications*, 25, 1940); N. Bourbaki, *Éléments de Mathématique* (*Act. Sci. et Ind.*, n° 846, Paris, 1939).

(³) Cette terminologie a été introduite par H. Cartan, *Comptes rendus*, 205, 1937, pp. 595 et 777.

(⁴) Cela veut dire qu'étant donnés deux éléments x et y de R, on a soit $x \subseteq y$, soit $y \subseteq x$.

théorème de l'arithmétique des idéaux premiers (tout idéal est l'intersection d'idéaux premiers).

M. Stone (5) a démontré que ces deux théorèmes sont valables dans les réticulés distributifs.

2° *Pour que, dans un réticulé* R, *le théorème de l'arithmétique des filtres (idéaux) premiers soit vérifié, il faut et il suffit que* R *soit un réticulé distributif.*

On en déduit que le théorème de l'arithmétique des filtres premiers est équivalent à celui des idéaux premiers. On peut préciser la représentation d'un filtre comme intersection de filtres premiers. Parmi les filtres premiers qui contiennent un filtre donné F, il existe des filtres premiers minimaux F_0, c'est-à-dire tels qu'il n'existe aucun filtre premier contenant F et effectivement contenu dans F_0. Nous dirons que F_0 est un filtre premier minimal relatif à F. Dans un réticulé distributif, tout filtre est l'intersection de ses filtres premiers minimaux relatifs (représentation minimale). Si les filtres premiers minimaux relatifs qui contiennent un filtre donné sont en nombre fini, sa représentation minimale est unique.

2. Il est bien connu que dans un réticulé distributif, tout filtre (idéal) maximal est premier. Il y a des réticulés distributifs qui ne contiennent aucun filtre maximal ni aucun idéal maximal; c'est ce qui arrive dans le réticulé des nombres réels (ordonnés par la relation $\leq$). Le cas extrême opposé est celui où :

(i) Tous les filtres premiers sont maximaux.

(ii) Tous les idéaux premiers sont maximaux.

Nous dirons, respectivement, que l'arithmétique des filtres (idéaux) de R est extrémale. Nous nous proposons de déterminer tous les réticulés distributifs où il en est ainsi.

Appelons *réticulé de Boole* un réticulé où chaque élément a un complément relatif (c'est-à-dire : pour chaque x tel que $a \subseteq x \subseteq b$ il existe x' tel que $x \cap x' = a$, $x \cup x' = b$).

3° *Pour que l'arithmétique des filtres (idéaux) d'un réticulé distributif* R *soit extrémale, il faut et il suffit que* R *soit un réticulé de Boole.*

On en déduit que les conditions (i) et (ii) sont équivalentes. Un réticulé de Boole qui contient un premier élément est un anneau de Boole. Dans ce cas la suffisance de la condition indiquée dans 3° pour les idéaux a été démontrée par M. Stone (6). Si l'anneau de Boole contient un dernier élément, on a une algèbre de Boole et, dans ce cas, la nécessité de la condition indiquée dans 3° a été démontrée par L. Nachbin.

Entre les deux cas extrêmes que nous venons de signaler, il y a lieu de considérer les cas suivants :

---

(5) *Topological Representations of Distributive Lattices and Brouwerian Logics* (*Cas. Mat. Fys.*, 67, 1937, pp. 1-25).

(6) *The Theory of Representations for Boolean Algebras* (*Trans. Amer. Math. Soc.*, 40, 1936, pp. 33-111).

M_1. Tout filtre est l'intersection de filtres maximaux.

M_2. Tout idéal est l'intersection d'idéaux maximaux.

D'après un exemple qui m'a été communiqué, indépendamment, par L. Nachbin et J. Dieudonné, un réticulé distributif peut vérifier M_1 sans vérifier M_2, et réciproquement. Si M_1 et M_2 sont vérifiées, nous dirons que l'arithmétique de R est maximale. Le problème de savoir s'il existe un réticulé distributif ayant une arithmétique maximale qui ne soit pas extrémale, n'est pas résolu. A ce propos on peut démontrer les résultats suivants :

4° *Si un réticulé distributif, conditionnellement complet, a une arithmétique maximale, c'est un réticulé de Boole.*

En particulier les seuls réticulés distributifs complets ayant une arithmétique maximale sont les algèbres de Boole (complètes).

5° *Si un réticulé* R *distributif et inf-complémenté* [7] *satisfait à* M_1, *alors* R *est un réticulé de Boole.*

On en déduit que les seules Logiques de Brouwer [8] ayant une arithmétique des filtres maximale sont les algèbres de Boole.

ALGÈBRE. — *Sur la multiplication des fonctions caractéristiques de Schur.* Note [1] de M. **Léonce Lesieur**, présentée par M. Élie Cartan.

1. Rappelons la définition d'une fonction caractéristique de Schur [2] : $\lambda_1, \lambda_2, \ldots, \lambda_p$ étant des entiers positifs ou nuls; $\alpha_1, \alpha_2, \ldots, \alpha_p$ des éléments d'un corps commutatif, on pose

$$\{\lambda\} = \{\lambda_1, \lambda_2, \ldots \lambda_p\} = \frac{|\alpha_s^{\lambda_t+p-t}|}{|\alpha_s^{p-t}|}. \tag{1}$$

Les deux termes de la fraction du dernier membre de (1) sont des déterminants d'ordre p; s désigne le numéro de la ligne et t celui de la colonne. Il en résulte :

a. L'échange de deux parties consécutives dans $\{\lambda\}$ s'accompagne d'un changement de signe pour $\{\lambda\}$, de l'addition d'une unité à la première partie, de la soustraction d'une unité à la deuxième partie (supposée non nulle)

$$\{2, 0, 2\} = -\{2, 1, 1\} = -\{2, 1^2\};$$

b. On a $\{\lambda\} = 0$ lorsque deux parties consécutives sont deux entiers consécutifs

$$\{3, 0, 1\} = 0;$$

---

(7) Un élément x de R est inf-complémenté si pour chaque couple a, b tel que $a \subseteq x \subseteq b$, il existe un élément $x_0 \subseteq b$ tel que : 1° $x \cap x_0 = a$; 2° si $y \subseteq b$ est tel que $x \cap y = a$, alors $y \subseteq x_0$. Un réticulé est dit inf-complémenté si chaque élément de R est inf-complémenté.

(8) J. C. C. Mc Kinsey and Alfred Tarski, *On Closed Elements in Closure Algebras* (*Annals of Math.*, 47, 1946, pp. 122-162).

(1) Séance du 27 octobre 1947.

(2) Voir D. E. Littlewood, *The theory of group characters*, 1940, pp. 81-146, Oxford.

c. On a

$$\{0, 0, \ldots, 0\} = 1;$$

d. La suppression de zéros en fin de partition équivaut à l'annulation d'autant de variables α qu'il y a de zéros supprimés. On se dispense souvent de les écrire.

2. Il est facile de multiplier une fonction de Schur $\{\lambda\}$ par une fonction symétrique $V = \Sigma\alpha_1^{l_1}\alpha_2^{l_2}\ldots\alpha_n^{l_n}$.

Cette opération est effectuée par M. Comét Stig (³) pour les fonctions symétriques élémentaires $a_k = \{1^k\} = \Sigma\alpha_1\alpha_2\ldots\alpha_k$, par l'addition d'une unité aux parties de $\{\lambda\}$ constituant une combinaison quelconque de k parties de $\{\lambda\}$. Par exemple

$$\{2, 1, 0, 0, 0\}\Sigma\alpha_1\alpha_2\alpha_3 = \{3, 2, 1\} + \{3, 1^3\} + \{2^2, 1^2\} + \{2, 1^4\}.$$

Dans le cas général, je remarque qu'*il suffit d'ajouter de toutes les façons possibles, sans répétition, les entiers* $l_1, l_2, \ldots, l_n$ *à n parties de* $\{\lambda\}$. Ainsi

$$\begin{aligned}\{2, 1, 0, 0, 0\}\Sigma\alpha_1^2\alpha_2 &= \{4, 2\} + \{4, 1^2\} + \{3^2\} + \{2^3\} + \{3, 1, 0, 2\} + \{2^2, 0, 2\} + \{2, 1, 0, 2, 1\} \\ &\quad + \{2, 1, 1, 0, 2\} \\ &= \{4, 2\} + \{4, 1^2\} + \{3^2\} + \{2^3\} - \{3, 1^3\} - \{2^2, 1^2\} - 2\{2, 1^4\}\end{aligned}$$

(les termes nuls comme $\{2, 1, 2, 1\}$ n'ont pas été écrits).

3. La règle précédente permet en particulier d'exprimer toute fonction symétrique $V = \Sigma\alpha_1^{l_1}\alpha_2^{l_2}\ldots\alpha_n^{l_n}$ comme combinaison linéaire entière de fonctions de Schur, d'après la remarque

$$\Sigma\alpha_1^{l_1}\alpha_2^{l_2}\ldots\alpha_n^{l_n} = \{0, 0, \ldots, 0\}\Sigma\alpha_1^{l_1}\alpha_2^{l_2}\ldots\alpha_n^{l_n}.$$

Par exemple,

$$\begin{aligned}\Sigma\alpha_1\alpha_2\alpha_3 &= \{1^3\}, \\ \Sigma\alpha_1^2\alpha_2 &= \{2, 1\} - 2\{1^3\}, \\ \Sigma\alpha_1^3 &= \{3\} - \{2, 1\} + \{1^3\}.\end{aligned}$$

On en déduit par inversion de la matrice des coefficients

$$\begin{aligned}\{1^3\} &= \Sigma\alpha_1\alpha_2\alpha_3, \\ \{2, 1\} &= 2\Sigma\alpha_1\alpha_2\alpha_3 + \Sigma\alpha_1^2\alpha_2, \\ \{3\} &= \Sigma\alpha_1\alpha_2\alpha_3 + \Sigma\alpha_1^2\alpha_2 + \Sigma\alpha_1^3.\end{aligned}$$

4. Nous sommes en mesure d'effectuer la multiplication de deux fonctions de Schur $\{\lambda\}$ et $\{\mu\}$.

On exprime

$$\{\mu\} = k_{\mu l}\Sigma\alpha_1^{l_1}\alpha_2^{l_2}\ldots\alpha_n^{l_n},$$

(³) *Une propriété des déterminants et son application au calcul des caractères des groupes symétriques* (*Kungl. Fysiografiska Sällskapets i Lund Forhandlinger*, **14**, nº 7, 1945, pp. 84-94.)

comme il a été expliqué dans $\{3\}$. D'où

$$\{\lambda\}\{\mu\} = k_{\mu l}\{\lambda\}\,\Sigma\alpha_1^{l_1}\alpha_2^{l_2}\ldots\alpha_n^{l_n}.$$

Le produit $\{\lambda\}\Sigma\alpha_1^{l_1}\alpha_2^{l_2}\ldots\alpha_n^{l_n}$ se calcule d'après la règle donnée dans (2)

$$\{\lambda\}\,\Sigma\alpha_1^{l_1}\alpha_2^{l_2}\ldots\alpha_n^{l_n} = h_{\lambda l\nu}\{\nu\}.$$

On en déduit

$$\{\lambda\}\{\mu\} = k_{\mu l}h_{\lambda l\nu}\{\nu\}$$

ou

(2) $$\{\lambda\}\{\mu\} = g_{\lambda\mu\nu}\{\nu\}.$$

La sommation, sous-entendue par l'indice, est étendue à toutes les partitions $\{\nu\}$ de l'entier $\nu = \lambda + \mu$, dont les parties sont rangées par ordre non croissant.

Application.

$$\{\lambda\} = \{2,1\}; \qquad \{\mu\} = \{2,1\};$$
$$\{2,1\}\{2,1\} = \{4,2\} + \{4,1^2\} + \{3^2\} + \{2^3\} + \{3,1^3\} + \{2^2,1^2\} + 2\{3,2,1\},$$

résultat donné par D. E. Littlewood ([4])

Les coefficients de (2) ont la propriété

$$g_{\lambda\mu\nu} \geqq 0, \qquad g_{\lambda\mu\nu} = g_{\mu\lambda\nu}.$$

THÉORIE DES GROUPES. — *Représentations linéaires du groupe affine.* Note de M. **Jacques Courtois.**

I. Le *groupe affine* est le groupe des transformations linéaires homogènes, à déterminant non nul, d'un espace vectoriel E en lui-même.

En fait, les grandeurs que nous allons définir existent dans tout espace où $\vec{y} = \lambda\vec{x}$ a un sens et sont des représentations linéaires d'un groupe de transformations de E en lui-même plus général que le groupe affine. Leur étude sera publiée ultérieurement.

1. *Soit* $f(\vec{x})$ *une fonction à valeurs* (scalaires) *numériques* (complexes en général), *définie pour tout vecteur* $\vec{x}$ *fini non nul de* E $(\vec{x} \in E - \{0\})$.

Cette fonction est, de plus, supposée *homogène* (*positivement homogène*) *de degré u, si* E *est complexe* (*réel*); elle doit être *uniforme* et, par suite, *u est entier* (*quelconque*).

Une *valeur* $f(\vec{x})$ de cette fonction est *le produit scalaire d'une grandeur attachée à* $\vec{x}$ (opérateur *valeur en* $\vec{x}$), que nous appellerons le *radieur* $\vec{x}^{\,u}$, *par une grandeur représentant la fonction elle-même,* que nous appellerons le *coradieur* **f**. Ainsi, un coradieur d'ordre *u* représente une telle fonction.

([4]) *Group Characters and Algebras* (*Philos. Trans. of the Royal Soc. of London*, **233**, 1934, pp. 99-141).

2. Les fonctionnelles linéaires des fonctions précédentes (ou d'une classe invariante de telles fonctions) forment un espace vectoriel dans lequel les radieurs $\vec{x}^u$ définissent une variété linéaire. *C'est cette variété linéaire, fermée à l'aide d'une topologie convenable, qui constitue les radieurs d'ordre u.*

3. Dans les mêmes conditions, une fonction définie seulement *presque partout*, mais *indéfiniment dérivable*, donne un *expanseur*. Dans un espace E *complexe*, il faut également considérer des fonctions telles que

$$f(r e^{i\theta}\vec{x}) = r^u e^{i\nu\theta} f(\vec{x}) \qquad (r > 0,\ u \text{ quelconque},\ \nu \text{ entier}).$$

Une telle fonction définit un *coradieur généralisé* **f**. $f(\vec{x})$ est le produit scalaire de **f** par le *radieur généralisé* $|\vec{x}|^{u-\nu}\vec{x}^{\nu}$.

4. *Une fonctionnelle* $A(f_1, \ldots, f_p; \vec{x}_1, \ldots, \vec{x}_q)$ *définit une grandeur de rang* $p+q$, *p fois radieur, q fois coradieur, si elle est égale : d'une part, au produit scalaire du coradieur* $\mathbf{f}_1$ *par un radieur indépendant de* $\mathbf{f}_1$; *d'autre part, ..., au produit scalaire du radieur* $\vec{x}_1^{u_1}$ *par un coradieur indépendant de* $\vec{x}_1$ *etc.*

En particulier, un *coradieur de rang n* correspond à une *fonction de n vecteurs*. Les *tenseurs* sont des coradieurs. Un *radieur* $\Sigma_i \alpha_i \vec{a}_i^u$ peut être représenté par le coradieur (de rang 1) **f**, d'ordre $-u$, tel que $f(\vec{a}_i) = \alpha_i$ et $f(\vec{x}) = 0$ en dehors des droites (demi-droites) supports des $\vec{a}_i$.

Si E est à N coordonnées (N dimensions s'il est réel, 2N s'il est complexe), les coradieurs de rang $n > N$ constituent une représentation *non homogène*, réductible en représentations de rang N. Les coradieurs de rang $n < N$ peuvent être considérés comme de rang N. Ainsi, la représentation la plus riche est celle des *coradieurs de rang* N, au sein de laquelle les coradieurs de rang inférieur constituent des variétés linéaires invariantes.

Les *opérations sur les coradieurs* représentent, par définition, les opérations correspondantes sur les fonctions.

II. *Représentations unitaires.* — Les représentations unitaires des groupes font l'objet de nombreux travaux actuellement en cours de publication (1). Il est probable, notamment, que les résultats, non encore publiés, de Gelfand et Neumark sur le groupe unimodulaire, joints aux remarques ci-dessous, permettront une étude complète du cas du groupe affine.

1. *Pseudo-scalaires* (E réel). — **d** étant une *densité*, définie par la fonction

(1) Cf. notamment : GELFAND, NEUMARK et DOKL, *Sur le groupe unimodulaire* (*C. R. Ac. Sc. U. R. S. S.*, 54, 1946, p. 195); DIRAC, *Sur le groupe de Lorentz* (*Proc. Roy. Soc.*, A, 183, 1945, p. 284); GELFAND et NEUMARK, *J. of Physics U. R. S. S.*, 10, 1946, p. 93; V. BARGMANN, *Ann. of Math.*, 48, 1947, p. 568.

scalaire

$$d\left[\vec{x}_1, \ldots, \vec{x}_N\right],$$

un pseudo-scalaire S est l'expanseur défini par l'une des fonctions

$$a\left|d\left[\vec{x}_1, \ldots, \vec{x}_N\right]\right|^u, \tag{1}$$

$$a\left|d\left[\vec{x}_1, \ldots, \vec{x}_N\right]\right|^{u-1} \quad \left(d\left[\vec{x}_1, \ldots, \vec{x}_N\right]\right). \tag{2}$$

Pour u imaginaire pur, on obtient des représentations unitaires du groupe affine. En effet, dans les deux cas, une transformation de déterminant $\Delta > 0$ multiplie S par Δ^u, $\overline{S}'$ par $\overline{\Delta^u} = \Delta^{-u}$, donc $\overline{S}'S$ est invariant. Pour $\Delta = -1$, (1) est multiplié par $+1$, (2) par -1.

Ces représentations unitaires à une composante sont irréductibles.

2. *Radieurs. — Supposons* E *réel*. Soit un radieur de rang 1 de la forme

$$\xi = \sum_1^{\infty} \alpha_p \vec{}^{\,i\nu} \qquad \text{avec} \quad \vec{a}_p \neq 0, \qquad \sum_1^{\infty} |\alpha_p|^2 < +\infty,$$

ξ a pour norme

$$\|\xi\| = \left[\sum_1^{\infty} |\alpha_p|^2\right].$$

Le produit scalaire $\left(\overline{\vec{a}^u}, \vec{b}^u\right)$ est, par définition, nul, à moins que $\vec{a}$ et $\vec{b}$ soient *colinéaires et de même sens*, auquel cas

$$\vec{b} = \lambda \vec{a}, \qquad \lambda > 0 \qquad \left(\overline{\vec{a}^u}, \vec{b}^u\right) = \lambda^{i\nu}.$$

On obtient une *représentation unitaire non continue du groupe affine.*

Si E *est complexe, cette représentation unitaire existe seulement pour* $\nu = 0$. Le produit scalaire est posé égal à 1 pour deux vecteurs colinéaires quelconques.

On peut former des représentations unitaires non continues analogues à l'aide de radieurs de rang quelconque.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Les solutions élémentaires des équations linéaires aux dérivées partielles totalement hyperboliques d'ordre plus grand que deux et à un nombre impair de variables indépendantes.* Note (1) de M. **Florent Bureau**, présentée par M. Jacques Hadamard.

1. Considérons l'équation linéaire aux dérivées partielles totalement hyperbolique, d'ordre n pair et à trois variables indépendantes x, y, t, s'écrivant

(1) Séance du 3 novembre 1947.

symboliquement

$$f\left(\frac{\partial}{\partial x}, \frac{\partial}{\partial y}, \frac{\partial}{\partial t}\right)u = g(x, y, t); \tag{1}$$

nous avons désigné par $g(x, y, t)$ une fonction régulière et par $f(\alpha, \beta, \gamma)$, une forme indéfinie d'ordre n, à coefficients réels et constants, telle que la courbe $f(\alpha, \beta, 1) = 0$ se décompose en $n/2$ ovales, sans points communs, entourant l'origine; nous admettrons en outre, pour simplifier, que $f(\alpha, \beta, \gamma)$ est un polynome en γ^2.

Désignons par (α_ν, β_ν), $(\nu = 1, \ldots, n)$, les n points d'intersection de la courbe $f(\alpha, \beta, 1) = 0$ avec la droite $\alpha x + \beta y + t = 0$ et posons $\varepsilon_\nu = \text{signe}\, \mathcal{R}(\beta_\nu / i\alpha_\nu)$. On peut montrer que la solution élémentaire de l'équation (1) est donnée par

$$v(x, y, t) = i\pi \sum \varepsilon_\nu \int_{(\alpha_0, \beta_0)}^{(\alpha_\nu, \beta_\nu)} (\alpha x + \beta y + t)^{n-3} \frac{d\alpha}{f_2},$$

la somme étant étendue aux intersections imaginaires (α_ν, β_ν) de la courbe $f(\alpha, \beta, 1) = 0$ avec la droite $\alpha x + \beta y + t = 0$; nous avons désigné par (α_0, β_0), un point arbitraire et nous avons posé $f_2 = \partial f / \partial \beta$.

Lorsque le point (x, y, t) est complètement extérieur au cône caractéristique Γ de l'équation (1), c'est-à-dire lorsque la droite $\alpha x + \beta y + t = 0$ rencontre tous les ovales de la courbe $f(\alpha, \beta, 1) = 0$, la fonction $v(x, y, t)$ et ses dérivées partielles sont identiquement nulles.

La fonction v et ses dérivées partielles d'ordre inférieur à $n - 2$ restent finies sur le cône Γ et tendent vers zéro sur l'ovale extérieur de Γ; les dérivées partielles de v, d'ordre $n - 2$ et $n - 1$, deviennent infinies au voisinage de $\Gamma = 0$, respectivement comme $\Gamma^{-\frac{1}{2}}$ et $\Gamma^{-\frac{3}{2}}$.

2. Soit, dans l'espace (x, y, t), un domaine V situé tout entier à distance finie et limité par un nombre fini de surfaces analytiques S. Nous avons la formule de réciprocité

$$n! \iiint_V [u f(v) - v f(u)]\, d\tau = - \iint_S \sum_{i=1}^{3} \pi_i P_i\, d\sigma, \tag{2}$$

où les P_i sont des combinaisons bilinéaires des dérivées partielles des fonctions u et v; la normale à S est comptée positivement vers l'intérieur de V et ses cosinus directeurs sont désignés par π_1, π_2, π_3. En particulier, les termes contenant les dérivées d'ordre $n - 1$ de v s'écrivent

$$(n-1)! \sum_{i=1}^{3} \pi_i f_i(v),$$

où nous avons posé

$$f_1 = \frac{\partial f}{\partial \alpha}, \qquad f_2 = \frac{\partial f}{\partial \beta}, \qquad f_3 = \frac{\partial f}{\partial \gamma}.$$

3. Pour résoudre le problème de Cauchy correspondant à l'équation (1), lorsque les données de Cauchy sont connues sur une surface S possédant une orientation d'espace, il suffit d'appliquer la méthode des singularités en utilisant la formule de réciprocité (2) et la solution élémentaire v. Comme pour les équations du second ordre, on a à considérer la partie finie d'intégrales divergentes. Si $\mathcal{D}$ est le domaine déterminé par le cône caractéristique de sommet $P_0 = (x_0, y_0, t_0)$, $(t_0 > 0)$ et par une portion S^* de la surface S portant les données de Cauchy, on trouve

$$\Theta u(P_0) = n! \iiint_{\mathcal{D}} vg\, d\tau - p \text{ fin} \iint_{S^*} \left(\sum_{i=1}^{3} \pi_i P_i \right) d\sigma,$$

Θ étant une constante non nulle que l'on peut calculer facilement lorsque la courbe $f(\alpha, \beta, 1) = 0$ se décompose en deux circonférences concentriques.

Pour déterminer Θ dans le cas général, nous avons utilisé les propriétés des dérivées de la partie finie d'une intégrale et nous avons obtenu

$$\Theta = -(n-3)!\, 2\pi^2 \frac{f_3(0, 0, 1)}{f(0, 0, 1)}.$$

4. Les résultats précédents s'étendent sans difficulté aux équations à un nombre impair de variables indépendantes; lorsque les variables indépendantes sont en nombre pair, il se présente des particularités sur lesquelles nous reviendrons prochainement.

Observation sur la Note précédente, par M. **Jacques Hadamard**.

La nouvelle Note de M. Florent Bureau marque un progrès essentiel dans l'étude du cas hyperbolique des équations aux dérivées partielles d'ordre supérieur.

Une difficulté primordiale s'oppose, en effet, aux recherches sur ce sujet : celle de préciser ce qu'on doit entendre, dès que le nombre des variables est supérieur à deux, par équation *totalement hyperbolique*.

On n'avait pu, jusqu'ici, préciser des cas où l'on peut se poser le problème que lorsque la forme caractéristique se décompose en facteurs du deuxième degré, l'équation étant de la forme

$$F[G(u)] = 0$$

(F, G polynomes différentiels du deuxième ordre). Les problèmes de cette nature avaient fait l'objet des belles études de Herglotz et de M. Bureau lui-même.

Pour la première fois, a pu être abordée une équation ne relevant pas du type précédent.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Théorèmes taubériens pour les séries doubles.*
Note [1] de M. **Hubert Delange**, présentée par M. Paul Montel.

Nous considérons la série $\Sigma a_{mn} e^{-mx-ny}$, dans laquelle les indices m et n prennent tous les systèmes de valeurs satisfaisant à $m \geqq 0$, $n \geqq 0$. Les coefficients sont supposés réels, ainsi que x et y, et nous posons

$$S_{mn} = \sum_{\substack{i \leq m \\ j \leq n}} a_{ij}, \qquad p_{mn} = \sum_{j=0}^{j=n} a_{mj}, \qquad q_{mn} = \sum_{i=0}^{i=m} a_{in}.$$

D'autre part, dans tout ce qui suit, la série est supposée absolument convergente pour $x > 0$ et $y > 0$, et sa somme est désignée par $F(x, y)$.

Nous supposons toujours x et y positifs.

I. Il arrive que, moyennant des hypothèses supplémentaires convenables, le fait que $F(x, y)$ tende vers S quand x et y tendent vers zéro entraîne que S_{mn} tend vers S quand m et n tendent vers $+\infty$.

Hardy et Littlewood ont montré qu'il en est ainsi si l'on suppose que mp_{mn} et nq_{mn} sont bornés pour m et n quelconques et tendent vers zéro quand m et n tendent vers $+\infty$ [2].

Knopp a montré qu'il suffit de supposer que $F(x, y)$ est borné pour $x > 0$ et $y > 0$ et que $(m^2 + n^2) a_{mn}$ est borné [3].

Enfin, Durañona y Vedia a montré qu'il suffit même de supposer

$$|F(x, y)| \leqq K, \qquad mp_{mn} \geqq -H, \qquad nq_{mn} \geqq -H \text{ [4]}.$$

Nous allons énoncer des résultats qui englobent tous les précédents.

Dans tout ce qui suit, λ et μ désignent deux nombres réels supérieurs à 1 et E un ensemble de couples d'entiers positifs ou nuls m et n, supposé tel que, quel que soit le nombre positif A, E possède au moins un élément satisfaisant à $m \geqq A$, $n \geqq A$.

Nous posons

$$W_{mn}(\lambda, \mu) = \operatorname*{Max}_{\substack{m \leq m' \leq \lambda m \\ n \leq n' \leq \mu n}} |S_{m'n'} - S_{mn}|;$$

$$\overline{\varpi}(\lambda, \mu) = \mathrm{Sup}\, W_{mn}(\lambda, \mu);$$

$$-W'_{mn}(\lambda, \mu) = \operatorname*{Min}_{\substack{m \leq m' \leq \lambda m \\ n \leq n' \leq \mu n}} [S_{m'n'} - S_{mn}]; \qquad W''_{mn}(\lambda, \mu) = \operatorname*{Max}_{\substack{\frac{m}{\lambda} \leq m' \leq m \\ \frac{n}{\mu} \leq n' \leq n}} [S_{m'n'} - S_{mn}];$$

$$\overline{\varpi}_1(\lambda, \mu) = \mathrm{Sup}\, W'_{mn}(\lambda, \mu) = \mathrm{Sup}\, W''_{mn}(\lambda, \mu);$$

$$\varpi_1(\lambda, \mu) = \overline{\lim_{m, n \to +\infty}}\, W'_{mn}(\lambda, \mu) = \overline{\lim_{m, n \to +\infty}}\, W''_{mn}(\lambda, \mu);$$

$$\varpi'(E, \lambda, \mu) = \overline{\lim_{\substack{m, n \to +\infty \\ (m, n) \in E}}}\, W'_{mn}(\lambda, \mu); \qquad \varpi''(E, \lambda, \mu) = \overline{\lim_{\substack{m, n \to +\infty \\ (m, n) \in E}}}\, W''_{mn}(\lambda, \mu).$$

---

(1) Séance du 3 novembre 1947.
(2) *Proc. London Math. Soc.*, (2), **11**, 1913, pp. 411-478 et th. **40**, p. 468.
(3) *Math. Zeits.*, **45**, 1939, pp. 573-589 et th. 5, p. 584. L'hypothèse $|F(x, y)| \leqq K$ est superflue.
(4) *Univ. Nac. de La Plata* (*Publ. de la Fac. de Ciencas Fisicomat.*, (2), **4**, 1940, pp. 291-324 et th. **48**, p. 323).

Ou bien $\overline{\varpi}(\lambda, \mu) = +\infty$ quels que soient λ et μ, ou bien $\overline{\varpi}(\lambda, \mu) < +\infty$ quels que soient λ et μ. De même pour $\varpi_1(\lambda, \mu)$.

On a $\varpi'(E, \lambda, \mu) \leq \varpi_1(\lambda, \mu)$ et $\varpi''(E, \lambda, \mu) \leq \varpi_1(\lambda, \mu)$.

En outre, chacune des fonctions considérées, lorsqu'elle est finie pour λ et μ assez voisins de 1, tend vers une limite positive ou nulle bien déterminée lorsque λ et μ tendent vers 1. Nous désignerons par ω_1, $\omega'(E)$, $\omega''(E)$, les limites de $\varpi_1(\lambda, \mu)$, $\varpi'(E, \lambda, \mu)$ et $\varpi''(E, \lambda, \mu)$.

On a $\omega'(E) \leq \omega_1$ et $\omega''(E) \leq \omega_1$.

Théorème 1. — *Si* $\overline{\varpi}(\lambda, \mu) < +\infty$, *et si* $F(x, y)$ *tend vers* S *quand* x *et* y *tendent vers* o, *on a quel que soit* E

$$S - \omega''(E) \leq \underline{\lim}_{\substack{m, n \to +\infty \\ (m,n) \in E}} S_{mn} \leq \overline{\lim}_{\substack{m, n \to +\infty \\ (m,n) \in E}} S_{mn} \leq S + \omega'(E).$$

Théorème 2. — *Les hypothèses* $|F(x, y)| \leq K$ *pour* $x > 0$ *et* $y > 0$, *et* $\overline{\varpi}_1(\lambda, \mu) < +\infty$ *entraînent* $\overline{\varpi}(\lambda, \mu) < +\infty$.

Corollaire *a*. — *Si* $\overline{\varpi}(\lambda, \mu) < +\infty$ *et* $\omega_1 = 0$, *la convergence de* $F(x, y)$ *vers* S *quand* x *et* y *tendent vers zéro entraîne la convergence de* S_{mn} *vers* S *quand* m *et* n *tendent vers* $+\infty$ (Ceci a lieu en particulier si $(m^2 + n^2)|a_{mn}| \leq M$).

Corollaire *b*. — *Si l'on ajoute l'hypothèse* $|F(x, y)| \leq K$, *on peut remplacer dans l'énoncé précédent l'hypothèse* $\overline{\varpi}(\lambda, \mu) < +\infty$ *par* $\overline{\varpi}_1(\lambda, \mu) < +\infty$.

(Comme cas particulier, on a le résultat de Durañona y Vedia).

II. Supposons maintenant les coefficients a_{mn} *positifs ou nuls*.

(α) Si l'on a pour x et y tendant vers zéro : $F(x, y) \sim A x^{-\alpha} y^{-\beta}$, avec $\alpha > 0$ et $\beta > 0$, on a pour m et n tendant vers $+\infty$

$$S_{mn} \sim \left[\frac{A}{\Gamma(\alpha + 1)\Gamma(\beta + 1)}\right] m^\alpha n^\beta.$$

(β) Si l'on a pour x et y positifs fixes et ρ tendant vers $+\infty$

$$F(\rho x, \rho y) \sim \rho^{-\alpha} G(x, y), \qquad (\text{avec } \alpha > 0)$$

[ce qui implique que pour tout k positif $G(kx, ky) = k^{-\alpha} G(x, y)$], on a pour m et n tendant vers $+\infty$ de façon que n/m et m/n restent bornés : $S_{mn} \sim g(m, n)$, où g est une certaine fonction continue déterminée par la connaissance de $G(x, y)$, et qui satisfait à $g(ku, kv) = k^\alpha g(u, v)$.

III. Dans les énoncés des paragraphes I et II, les hypothèses sur le comportement de $F(x, y)$ lorsque le point (x, y) tend vers le point (o, o), peuvent être remplacées par les mêmes hypothèses valables seulement pour (x, y) intérieur à un certain angle bien déterminé intérieur à l'angle xOy. Les conclusions subsistent à condition de supposer toujours que m et n tendent vers $+\infty$ de manière que n/m et m/n restent bornés.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur le produit de composition de deux fonctions.* Note (¹) de M. **Jacques Dufresnoy**, présentée par M. Paul Montel.

Théorème. — *Soient $f(x)$ et $g(x)$ deux fonctions continues dans $0 \leqq x \leqq x_0$. Si $\int_0^x f(t)\,g(x-t)\,dt = 0$ pour toutes les valeurs de x appartenant à cet intervalle, on se trouve nécessairement dans l'un des trois cas suivants :*

a. $f(x) = 0$ pour $0 \leqq x \leqq x_0$;

b. $g(x) = 0$ » $0 \leqq x \leqq x_0$;

c. $\left\{\begin{array}{lll} f(x) = 0 & » & 0 \leqq x \leqq \xi_0 \\ g(x) = 0 & » & 0 \leqq x \leqq \xi'_0 \end{array}\right\}$ avec $\xi_0 + \xi'_0 \geqq x_0$.

De ce théorème, on déduira immédiatement le corollaire suivant, qui répond à une question posée par M. L. Schwarz et que m'a communiquée M. Revuz :

Corollaire. — *Soient $f(x)$ et $g(x)$ deux fonctions continues pour $x \geqq 0$. Si $\int_0^x f(t)\,g(x-t)\,dt = 0$ pour toutes les valeurs positives de x, l'une au moins des deux fonctions $f(x)$ et $g(x)$ est identiquement nulle pour $x \geqq 0$.*

La démonstration du théorème repose sur la transformation de Laplace et une propriété des fonctions holomorphes que nous croyons nouvelle.

Transformation de Laplace. — $\varphi(x)$ étant une fonction continue pour $a \leqq x \leqq A$, on pose

$$\Phi(s) = \int_a^A e^{-sx}\,\varphi(x)\,dx.$$

$\Phi(s)$ est une fonction entière de $s = \sigma + i\tau$ qui satisfait à

$$|\Phi(s)| < K\,e^{-\sigma a} \quad \text{pour} \quad \sigma \leqq 0,$$

K étant une constante. En particulier, $|\Phi(s)| < K$ pour $\sigma = 0$; on démontre même, comme il est bien connu, que $\Phi(s) \to 0$ quand $\sigma = 0$, $\tau \to \pm\infty$.

Si $|\Phi(s)| < K_1\,e^{-\sigma\alpha}$ pour $\sigma \geqq 0$, α étant une constante comprise entre a et A, on a nécessairement $\varphi(x) \equiv 0$ pour $a \leqq x \leqq \alpha$.

En effet,

$$\Phi_1(s) = \int_a^\alpha e^{-sx}\,\varphi(x)\,dx$$

satisfait à $|\Phi_1(s)| < K_2\,e^{-\sigma\alpha}$ pour $\sigma \geqq 0$. En mettant $\Phi_1(s)$ sous la forme

$$\Phi_1(s) = \Phi(s) - \int_\alpha^A e^{-sx}\,\varphi(x)\,dx,$$

on voit que $|\Phi_1(s)| < K_3\,e^{-\sigma\alpha}$ pour $\sigma \geqq 0$. La fonction entière $\Phi_1(s)\,e^{s\alpha}$, bornée

(¹) Séance du 3 novembre 1947.

dans tout le plan, se réduit à une constante; comme elle tend vers zéro quand $\sigma = 0$, $\tau \to \pm\infty$, cette constante est nulle. Donc $\Phi_1(s) \equiv 0$ et, par conséquent, $\varphi(x) \equiv 0$ pour $a \leqq x \leqq \alpha$, d'après une propriété classique de l'intégrale de Laplace.

Propriété des fonctions holomorphes. — *Soit* $F(z)$ *une fonction de la variable* $z = x + iy$, *holomorphe dans le demi-plan* $x > 0$, *continue et bornée supérieurement en module sur la droite* $x = 0$, *prenant des valeurs réelles pour les valeurs réelles de la variable et satisfaisant à*

$$\varliminf_{\rho\to\infty} \frac{\log M(\rho)}{\rho^2} \leqq 0 \quad \text{avec} \quad M(\rho) = \operatorname*{Max}_{|z|=\rho} |F(z)|.$$

Soit $G(z)$ *une fonction jouissant des mêmes propriétés. Si le produit* $F(z)\,G(z)$ *a son module borné supérieurement dans le demi-plan* $x \geqq 0$, *il en est de même de l'une au moins des fonctions* $F(z)$ *et* $G(z)$.

En effet, si $F(z)$ n'est pas bornée en module, il existe dans le demi-plan $x \geqq 0$ une courbe C, issue de $z = 0$, s'éloignant à l'infini et le long de laquelle $F(z) \to \infty$ et, par conséquent, $G(z) \to 0$. La courbe C découpe le demi-plan en deux domaines; dans l'un deux, D, la fonction $G(z)$ est bornée en module [1]. Il en est de même dans le domaine D′ symétrique de D par rapport à Ox, domaine qui est limité par la courbe C′, symétrique de C. Si $G(z)$ n'est pas bornée en module, il existe, dans le demi-plan $x \geqq 0$ et à l'extérieur des domaines D et D′, une courbe Γ, issue de $z = 0$, s'éloignant à l'infini et le long de laquelle $G(z) \to \infty$ et, par conséquent, $F(z) \to 0$. Cette courbe Γ découpe le demi-plan en deux domaines et dans l'un deux la fonction $F(z)$ est bornée en module [2]. Nous arrivons ainsi à une contradiction, puisque ce domaine contient soit la courbe C, soit la courbe C′, le long desquelles $F(z) \to \infty$. L'une au moins des fonctions $F(z)$ et $G(z)$ est donc bornée en module.

Démonstration du théorème. — *Posons*

$$F(s) = \int_0^{x_0} e^{-sx} f(x)\,dx, \qquad G(s) = \int_0^{x_0} e^{-sx} g(x)\,dx.$$

On a

$$F(s)\,G(s) = \iint e^{-s(x+y)} f(x) g(y)\,dx\,dy = \int_0^{2x_0} e^{-su} h(u)\,du,$$

$h(u)$ étant égal à

$$\int_0^u f(x) g(u-x)\,dx = 0 \quad \text{pour} \quad 0 \leqq u \leqq x_0;$$

$$\int_{u-x_0}^{x_0} f(x) g(u-x)\,dx \quad \text{pour} \quad x_0 \leqq u \leqq 2x_0.$$

Il en résulte que $|F(s)G(s)| < K_4 e^{-\sigma x_0}$ pour $\sigma \geqq 0$.

---

[2] D'après les travaux de M. Lars Ahlfors.

Introduisons alors les constantes ξ_0 et ξ'_0 respectivement bornes supérieures des nombres k et k' tels que $|F(s)e^{ks}|$ et $|G(s)e^{k's}|$ soient bornés pour $\sigma \geqq 0$. Les nombres ξ_0 et ξ'_0 sont positifs ou nuls et l'on est nécessairement dans l'un des trois cas suivants : a. $\xi_0 \geqq x_0$; b. $\xi'_0 \geqq x_0$; c. $\xi_0 + \xi'_0 \geqq x_0$; car, sinon, en choisissant ε positif assez petit, on aurait

$$|F(s)e^{(\xi_0+\varepsilon)s}G(s)e^{(\xi'_0+\varepsilon)s}| < K \quad \text{pour} \quad \sigma \geqq 0;$$

une au moins des deux fonctions $F(s)e^{(\xi_0+\varepsilon)s}$ et $G(s)e^{(\xi'_0+\varepsilon)s}$ serait bornée, ce qui est en désaccord avec la définition de ξ_0 et ξ'_0. D'où le théorème.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Note sur la notion d'ordre à grande distance appliquée aux distributions de vitesses dans les liquides.* Note de M. **Jacques Winter.**

Dans l'étude des surstructures dans les alliages à deux constituants (1), on introduit la notion d'ordre : on considère, par exemple, un réseau cubique occupé par des atomes d'or et de cuivre en nombres égaux. Ces atomes alternent régulièrement. Une position géométriquement donnée dans le réseau doit donc être occupée par un atome de nature déterminée. Le degré d'ordre mesure la probabilité de trouver l'atome requis à une position donnée, et non pas un atome de nature différente. La théorie des surstructures fait intervenir une énergie potentielle, fonction du degré d'ordre existant dans le réseau de l'alliage.

La question s'est posée de savoir si cette notion de degré d'ordre pouvait être définie à grande distance (par exemple sur des intervalles de l'ordre de 10^8 mailles du réseau), ou si elle n'avait de sens que dans un domaine limité, et s'estompait, en quelque sorte, lorsqu'on s'éloignerait d'un point donné, l'ordre des alternances cuivre-or pouvant ainsi se permuter, après un parcours suffisamment grand.

M. Van der Waerden (2) a tranché cette question. Il a montré que, s'il existait un potentiel entre éléments voisins, tendant à favoriser les alternances (la substitution d'une alternance à une suite de deux atomes identiques diminuant l'énergie potentielle d'une quantité v), il existait certainement pour le réseau envisagé, un état d'ordre à grande distance, pourvu que la température fût inférieure à une valeur critique, fonction de v seule.

Le caractère très général de la démonstration de M. Van der Waerden nous permet de croire qu'elle peut s'étendre à de nombreux autres phénomènes de la physique, où l'existence d'un potentiel favorisant un état d'ordre entre atomes

---

(1) Pour une bibliographie de cette question, voir Nix et Shockley, *Reviews of Modern Physics*, 10, 1938, p. 1.

(2) *Zeitschrift für Physik*, 118, 1941, p. 473.

ou molécules voisins, impliquerait au-dessous d'une certaine température critique, l'existence d'un état d'ordre à grande distance. Un tel phénomène est constitué par le passage dans les écoulements liquides, du régime laminaire au régime turbulent, qui se fait à une certaine température critique, dépendant des données physiques et géométriques du système fluide.

Si l'on peut mettre en évidence un potentiel tendant à ordonner les vitesses des molécules voisines, c'est-à-dire à limiter les gradients des vitesses, on comprendra alors, au moins qualitativement et d'une manière simple, un phénomène difficile à interpréter. Or, on peut trouver un tel potentiel, pourvu que l'on adopte les points de vue suivants :

1° On cessera de considérer l'interaction de deux molécules voisines, mais on considérera l'interaction d'un filet de molécules de vitesse $\vec{V}$ avec un filet de molécules, voisin et orienté parallèlement à $\vec{V}$.

2° On se placera du point de vue de la mécanique ondulatoire, et l'on représentera le mouvement du filet de molécule considéré par une certaine fonction propre, et une certaine valeur propre, qui seront perturbées par le potentiel créé par l'autre filet de molécules, parallèle à $\vec{V}$.

La perturbation sera un champ périodique; l'équation d'ondes prendra la forme d'une équation du type de Mathieu ou de Hill. Les états propres d'indices les plus bas représenteront les mouvements avec faible gradient de vitesse (dans les directions perpendiculaires à $\vec{V}$), ceux d'indices élevés les mouvements avec forts gradients de vitesse.

Considérons la table des valeurs propres d'indices croissants, établie pour l'équation de Mathieu ([1]). Nous voyons qu'à partir de la cinquième valeur propre, il y a toujours un terme additif, dû à l'existence de la perturbation périodique. D'où augmentation de l'énergie potentielle. Une distribution de vitesses avec fonctions propres d'ordres ≥ 5, nécessite une énergie potentielle plus considérable que si intervenaient seules les fonctions propres d'ordres inférieurs à 5. De plus, cet effet diminue si l'indice croît au delà de 5. Ainsi, l'existence du régime laminaire tiendrait à ce que certaines valeurs propres d'indices ni trop élevés, ni trop faibles, donnent un effet d'ordre. Une élévation de la température pourra rendre cet effet insuffisant. Une multiplication globale des vitesses du système, ou de ses dimensions linéaires, pourra augmenter ou diminuer les gradients des vitesses des filets et changer les indices des valeurs propres associées aux mouvements relatifs des filets les uns par rapport aux autres. L'effet de la température est, *a priori*, clair et conforme à l'expérience. De même, pour des dimensions données, il est clair que des vitesses trop fortes augmentent trop les gradients de vitesse et diminueront l'effet d'ordre. Des

---

([1]) Voir Mac Lachlan, *Theory and application of Mathieu functions*, Oxford 1947, p. 16.

vitesses décroissantes feront disparaître l'effet d'ordre, mais les gradients resteront insuffisants pour créer des tourbillons. Une augmentation des dimensions linéaires fera croître les zones de gradients exceptionnels, prévues par la théorie, qui pourront devenir assez grandes pour créer des tourbillons et faire cesser le régime laminaire.

Le point délicat consiste à quantifier le mouvement d'un filet de molécules de longueur macroscopique (une longueur de 1^{cm}, pour une vitesse de 5.10^{-5} cm/sec, acceptable expérimentalement, donnera bien une longueur d'onde de de Broglie de 10^{-8} cm qui correspond à la périodicité du champ). Pour faire un calcul numérique, il faudra faire des hypothèses sur les portions extérieures des champs électrostatiques moléculaires.

CHALEUR. — *Convection forcée de la chaleur à la surface d'un corps de révolution.* Note de MM. **Edmond Brun** et **Marcel Vasseur**, présentée par M. Gustave Ribaud.

1° Soit un corps de révolution placé dans un écoulement permanent et parallèle, à l'infini amont, à l'axe du corps. Un point M de la méridienne est défini par son abscisse curviligne s comptée à partir du point d'arrêt, sa distance à l'axe étant désignée par r_0. Tout point N du plan méridien, voisin de la méridienne, est défini par sa distance y à cette méridienne et par l'abscisse curviligne s au pied de la normale menée par N, sa distance à l'axe étant désignée par r.

Avec des notations évidentes, les équations de la couche limite laminaire s'écrivent

$$(1)\quad \begin{cases} \dfrac{\partial(ru)}{\partial s}+\dfrac{\partial(rv)}{\partial y}=0 & \text{(continuité)},\\[2mm] \dfrac{\partial p}{\partial y}=0;\ \rho\left(u\dfrac{\partial u}{\partial s}+v\dfrac{\partial u}{\partial y}\right)=-\dfrac{\partial p}{\partial s}+\dfrac{\partial}{\partial y}\left(\mu\dfrac{\partial u}{\partial y}\right) & \text{(écoulement)},\\[2mm] \rho c_p\left(u\dfrac{\partial \theta}{\partial s}+v\dfrac{\partial \theta}{\partial y}\right)=u\dfrac{\partial p}{\partial s}+\dfrac{\partial}{\partial y}\left(\lambda\dfrac{\partial \theta}{\partial y}\right)+\mu\left(\dfrac{\partial u}{\partial y}\right)^2 & \text{(énergie)}, \end{cases}$$

avec les conditions aux limites

$$y=0,\qquad u=0,\qquad \theta=\theta_p(s)\quad \text{paroi},$$
$$y=\infty,\qquad u=U(s),\qquad \theta=\theta_e(s)\quad \text{frontière de la couche limite}.$$

En désignant par l une longueur caractéristique et connue du corps de révolution, faisons le changement de variables

$$(2)\quad \begin{cases} \bar{s}=\displaystyle\int_0^s \frac{r_0^2}{l^2}\,ds,\\[2mm] \bar{y}=y\,\dfrac{r_0}{l},\\[2mm] \bar{v}=\dfrac{l}{r_0^2}\left(vr_0+uy\,\dfrac{dr_0}{ds}\right). \end{cases}$$

Le système précédent se ramène à celui qui régit la couche limite le long d'un cylindre placé dans un écoulement perpendiculaire aux génératrices; $\bar{s}$ est alors l'abscisse curviligne d'un point $\overline{\mathrm{M}}$ du profil comptée à partir du point d'arrêt; $\bar{y}$ est la distance au profil d'un point $\overline{\mathrm{N}}$ de la couche limite. Les conditions aux limites sont les mêmes pour les deux écoulements avec leurs coordonnées respectives.

2° Le coefficient de convection au point M de la méridienne est défini par l'équation

$$\alpha = \frac{\lambda}{\theta_e - \theta_p} \left(\frac{\partial\theta}{\partial y}\right)_{y=0},$$

tandis que le coefficient au point $\overline{\mathrm{M}}$ du profil est défini par

$$\bar{\alpha} = \frac{\lambda}{\theta_e - \theta_p} \left(\frac{\partial\theta}{\partial \bar{y}}\right)_{\bar{y}=0}.$$

La relation entre y et $\bar{y}$ permet d'écrire

$$\alpha = \bar{\alpha}\,\frac{r_0}{l}. \tag{3}$$

Ainsi, le coefficient local de convection α en un point M de la méridienne défini par son abscisse curviligne s est lié, par la relation (3), au coefficient local de convection $\bar{\alpha}$ en un point $\overline{\mathrm{M}}$ du profil correspondant défini par une abscisse curviligne $\bar{s}$, égale à s. Le profil de l'écoulement plan qui correspond à la méridienne de l'écoulement de révolution doit satisfaire à la seule condition que les lois de répartition des vitesses potentielles $\mathrm{U}(s)$ et $\mathrm{U}(\bar{s})$ soient les mêmes le long des deux courbes. Comme on sait déterminer, point par point, la convection le long d'un profil lorsqu'on se donne la loi de répartition $\mathrm{U}(\bar{s})$ (méthode d'Eckert, par exemple), on pourra, par cela même, connaître la convection le long d'une méridienne.

3° Quand on se rapproche indéfiniment du point d'arrêt du corps de révolution, U et s tendent simultanément vers zéro, leur rapport tendant, généralement, vers une valeur finie U_1/s_1.

Dans le cas où le plan tangent au corps de révolution est, au point d'arrêt, perpendiculaire à l'axe, on peut écrire, au voisinage de ce point,

$$s = l^{\frac{2}{3}}(3\bar{s})^{\frac{1}{3}} \qquad (r_0 = s) \tag{4}$$

et, par suite,

$$\mathrm{U} = \frac{\mathrm{U}_1 l^{\frac{2}{3}}}{s_1}(3\bar{s})^{\frac{1}{3}}. \tag{5}$$

Ceci montre que le cylindre correspondant à un corps de révolution dont le

bord d'attaque est arrondi est, au voisinage du point d'arrêt, un dièdre dont le rectiligne est $\pi/2$.

Son coefficient local de convection est, en supposant μ et ρ constants,

$$\bar{\alpha} = 0,47\,\lambda\sqrt{2\frac{U_1}{s_1}\frac{\rho}{\mu}}\left(\frac{l}{3s}\right)^{\frac{1}{3}}.$$

Le coefficient local de convection au voisinage du point d'arrêt du corps de révolution ([1]) est donc, d'après (3) et (5),

$$\alpha = 0,664\,\lambda\sqrt{\frac{U_1}{s_1}\frac{\rho}{\mu}}.$$

En particulier, au voisinage du point d'arrêt d'une sphère de rayon a, placée dans un écoulement dont la vitesse à l'infini amont est U_0,

$$\alpha = 0,81\,\lambda\sqrt{\frac{U_0\rho}{a\mu}}.$$

OPTIQUE ÉLECTRONIQUE. — *Une méthode de calcul des aberrations de forme des lentilles électrostatiques.* Note ([1]) de M. **François Bertein**, présentée par M. Camille Gutton.

Soit la pièce centrale S_0 d'un objectif de microscope d'un type précédemment étudié ([2]); nous la supposons affectée d'un défaut de forme d'ordre m, $\delta = \delta_m \cos m\theta$: le potentiel correctif associé est $\varphi = \varphi_m \cos m\theta$, déterminé par la condition $\varphi_m = E\delta_m$ le long de S_0 ([3]). L'expression de l'aberration optique résultante fait intervenir une fonction $\Phi_m(z)$ déduite du développement de $\varphi_m(rz)$ au voisinage de Oz; la connaissance de l'intégrale $\int \Phi_m\,dz \left(\int = \int_{-\infty}^{+\infty}\right)$ suffit même dans la pratique, les autres fonctions présentes peuvent être remplacées par des valeurs moyennes. Nous allons voir une méthode de calcul de cette intégrale plus générale qu'un procédé précédemment indiqué ([3]) concernant $\Phi_m(z)$. *On assimilera ici l'électrode à un hyperboloïde de révolution* de même rayon de gorge R et de même rayon de courbure R′ de sa section méridienne dans le plan de symétrie; on posera $R'/R = a$; $a = 1/4$ dans l'application

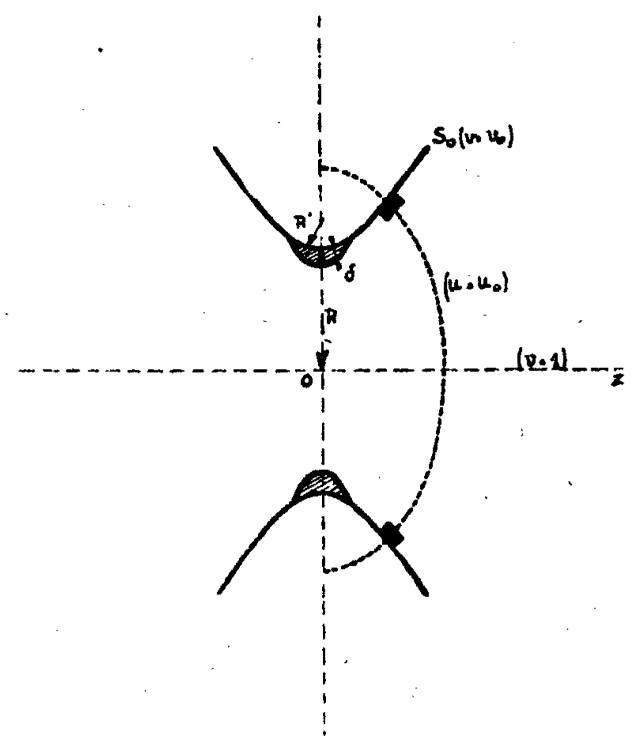
([1]) Au point d'arrêt, $\bar{\alpha}$ est infini, r_0 nul et α fini, ce qui est compatible avec la relation (3).

([1]) Séance du 27 octobre 1947.

([2]) Bruck, *Cahiers de Physique*, **24**, 1944, p. 15.

([3]) F. Bertein, *Comptes rendus*, **224**, 1947 (2 notes); *Annales de Radioélectricité*, 11 octobre 1947.

[(1), lentille VIII]. Cette approximation est justifiée par les résultats.



Plaçons-nous en coordonnées elliptiques $u v \theta$ définies à partir des coordonnées cylindriques par

$$r = c\sqrt{(1+u^2)(1-v^2)},$$
$$z = cuv,$$
$$(-\infty \leq u \leq +\infty, \qquad 0 \leq v \leq 1)$$

et telles que S_0 soit la surface $v = v_0$ $\left(v_0 = \sqrt{a/(1+a)},\ c = R\sqrt{1+a}\right)$.

L'équation régissant φ_m est

$$\text{(1)} \qquad L(0,\ m,\ v)\varphi_m - L(0,\ m,\ iu)\varphi_m = 0,$$

où l'on pose

$$L(n,\ m,\ x)y = \frac{\partial}{\partial x}\left[(1-x^2)\frac{\partial y}{\partial x}\right] + \left[n(n+1) - \frac{m^2}{1-x^2}\right]y.$$

Multiplions par une fonction $f_m(u)$: on montre que (1) s'écrit alors

$$\text{(2)} \qquad L(n,\ m,\ v)(f_m\varphi_m) + \frac{\partial}{\partial u}\left(g_m\frac{\partial\varphi_m}{\partial u} + h_m\varphi_m\right) = 0,$$

à condition de prendre $f_m(u) = P_n^m(iu),\ Q_n^m(iu)$ où P_n^m et Q_n^m sont les symboles des fonctions de Legendre de première et deuxième espèce (4).

Intégrons (2) par rapport à u (v fixe), de $-\infty$ à $+\infty$; d'après l'étude du comportement des fonctions intéressées à l'infini, le deuxième terme donne une contribution nulle, du moins si l'on prend $n < m$ et il reste ainsi une équation de Legendre en $\int f_m\varphi_m du$ dont nous écrivons la solution

$$\text{(3)} \qquad \int \left.\begin{matrix} P_n^m(iu) \\ Q_n^m(iu) \end{matrix}\right\} \varphi_m du = kP_n^m(v).$$

(4) Magnus et Oberhettinger, *Formeln u. Sätze*, Springer, 1943.

[Les conditions de régularité pour $\nu = 1$ éliminent les fonctions de deuxième espèce $Q_n^m(\nu)$].

Exprimons (3) pour $\nu = \nu_0$ (surface S_0) et $\nu = 1 - \varepsilon$ (voisinage de Oz) : les résultats rappelés plus haut permettent de faire intervenir respectivement les fonctions $E\delta_m$ et Φ_m, d'où résulte par élimination de k entre les deux équations obtenues

$$\int P_n^m\left(i\frac{z}{c}\right)\left(1+\frac{z^2}{c^2}\right)^{\frac{m}{2}} \Phi_m\,dz = \frac{1}{2c^{m-1}P_n^m(\nu_0)}\int P_n^m(iu)\,E\,\delta_m\,du,$$

mêmes relations avec

$$Q_n^m\left(i\frac{z}{c}\right),\qquad Q_n^m(iu),$$

formules valables pour tout écart $\delta_m \cos m\theta$ limité; elles fournissent un certain nombre d'intégrales permettant de préciser $\Phi_m(z)$ et dont celle qui nous occupe ici est obtenue en faisant intervenir

$$(4)\qquad n = m-1,\qquad Q_{m-1}^m\left(i\frac{z}{c}\right) = \left(1+\frac{z^2}{c^2}\right)^{-\frac{m}{2}},$$

$$\int \Phi_m\,dz = \frac{1}{2c^{m-1}P_{m-1}^m(\nu_0)}\int \frac{E\,\delta_m\,du}{(1+u^2)^{\frac{m}{2}}}.$$

Cette formule montre la décroissance en $(1+u_0^2)^{-m/2} \sim r_0^{-m}$ de l'action optique d'un écart localisé en $u_0(r_0)$.

Dans le cas déjà étudié d'un δ d'ordre 2 limité à l'ouverture de S_0 [2], (4) donne la limite de résolution associée : $\varpi_2 = 5\,\delta_{\max}\,\alpha$; dans le cas d'un δ d'ordre 3 et de même profil, on trouve de même la limite $\varpi_3 = 30\,\delta_{\max}\alpha^2$ (α ouverture des faisceaux) ($a = 1/4$). On voit en particulier que si $\alpha = 10^{-3}$, le défaut d'ordre 3 doit être environ 200 fois plus accusé que celui d'ordre 2 pour jouer un rôle optique de même importance.

PHOTO-ÉLECTRICITÉ. — *Équation de la courbe $I = f(N)$ reliant le flux lumineux reçu par les compteurs de photons et le nombre de décharges enregistrées.* Note [1] de M^me^ **Solange Lormeau**, présentée par M. Louis Hackspill.

Nous avons tracé un grand nombre de caractéristiques pour des compteurs à cathode de CuI ou de Mg, à atmosphère d'alcool ou d'argon, à la pression de 8^{mm} de mercure. Les décharges ont été enregistrées par un compteur téléphonique branché à la sortie de l'amplificateur. Les caractéristiques, obtenues en faisant varier le flux à l'aide de diaphragmes ou en modifiant l'intensité de la source lumineuse (tube de Chalonge), ne sont pas des droites.

---

[1] Séance du 27 octobre 1947.

[2] J. Mattler, *Comptes rendus*, 220, 1945, pp. 171-173.

Si l'on effectue la correction due au temps mort du totalisateur, on redresse la courbe qui reste néanmoins nettement incurvée ([2]).

Étant donnée l'allure parabolique de la courbe après correction, nous avons cherché à vérifier une équation de la forme $I = aN + bN^2$, avec une constante b faible, de sorte qu'au début de la courbe le terme bN^2 est négligeable et l'on a sensiblement une droite. Quand le nombre de décharges devient grand, il intervient.

a représente sensiblement la pente de la courbe à l'origine et est donc connu.

Considérons le rapport $b/a = (I/a - N)/N^2$ et calculons-le pour chaque valeur de I et de N.

On constate qu'il est très sensiblement constant et que la formule $I = aN + bN^2$ donne une bonne approximation ([3]).

On a vérifié cette équation pour un grand nombre de décharges (10000 à la minute). L'erreur maximum commise en l'employant pour calculer l'intensité est au plus de 10 % ; tandis que si l'on applique une relation linéaire elle atteint 60 % et même davantage lorsque l'intensité est multipliée par 140.

Pour des courbes dont les pentes ne sont pas trop faibles (de l'ordre de 1/10, ce qui correspond à la généralité des cas), le rapport b/a varie peu d'une courbe à l'autre, et même d'une cellule à l'autre :

$0{,}001 < b/a < 0{,}004$ pour les courbes étudiées, b est un coefficient très faible, de l'ordre de 1/10000 en général.

Pour une grande sensibilité, par conséquent une pente faible à l'origine, la courbe reste sensiblement une droite quand I varie de 1 à 10 malgré le grand nombre de décharges, car dans le cas où a est faible, b devient très petit.

On constate cependant que le rapport b/a n'est pas rigoureusement constant le long d'une courbe, mais croît légèrement quand I prend des valeurs de plus en plus grandes.

On s'est donc demandé si la formule $a'N + b'N^2$ n'était pas le début d'un développement en série, celui de $C(a^N - 1)$

$$a^N = 1 + LaN + \frac{(La)^2}{2}N^2 + \ldots,$$

$$C(a^N - 1) = CLaN + C\frac{(La)^2}{2}N^2 + \ldots$$

$$= a'N + b'N^2 + \ldots$$

avec

$$a' = CLa, \qquad b' = \frac{C(La)^2}{2} = \frac{a'La}{2}.$$

Connaissant sensiblement a' et b', on a déterminé a et calculé C pour diverses valeurs de l'intensité. On a trouvé que C était une constante. En

([3]) Cette équation $I = aN + bN^2$ est valable dans les conditions de bon fonctionnement de la cellule, c'est-à-dire une pression de 8^{mm} de mercure et une résistance convenable de l'ordre de $500\,\Omega$ dans le circuit du compteur.

calculant I d'après cette nouvelle formule, on obtient une courbe qui se rapproche davantage de la courbe expérimentale.

Par exemple, pour une des courbes obtenues on a

$I_{exp.}$	I_{calc} d'après $I = C(a^x - 1)$.	
10	10,1	
20	21	
40	42,4	erreur max. 6 %
50	52,4	
80	82,2	
100	101,4	
140	139,6	

Nous avons constaté que l'incurvation de la courbe dépendait de la valeur absolue de l'intensité de la source lumineuse, de la longueur d'onde et de la tension (4). D'où la difficulté pratique de se servir d'un photocompteur pour mesurer un flux lumineux.

Pour éviter à chaque fois de tracer une caractéristique corrrespondant aux conditions expérimentales, on a essayé de rendre la courbe rectiligne en interposant dans la partie large du faisceau lumineux des écrans constitués par des grilles de cuivre noirci réduisant l'intensité lumineuse dans un même rapport pour toutes les longueurs d'onde.

On a préalablement étalonné ces grilles à l'aide d'une pile photoélectrique et d'un galvanomètre Zernicke.

On a effectivement tracé des droites en interposant des écrans d'absorption croissante à mesure que l'intensité croît, de façon que le nombre de décharges n'augmente sensiblement pas.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Les réactions nucléaires aux grandes densités* (1). Note (2) de M. **Evry Schatzman**.

Lorsque la densité d'un milieu stellaire où se produisent des réactions nucléaires croît, la vitesse de réaction (nombre de réactions par seconde et par centimètre cube) croît tout d'abord proportionnellement au carré de la densité, mais pour les densités élevées, supérieures par exemple à 1000 g/cm³, la vitesse de réaction croît beaucoup plus vite, en raison de l'amincissement de la barrière de potentiel.

---

(4) S. Lormeau, *Comptes rendus*, 225, 1947, pp. 453-455.

(1) Un Mémoire détaillé est à paraître au *Journal de Physique et le Radium*.

(2) Séance du 3 novembre 1947.

On utilise les variables usuelles

(1) $$\begin{cases} x = \left(\frac{32\pi^2}{3}\right)^{\frac{2}{3}} Z^{\frac{1}{3}} \frac{2me^2}{h^2} r, \\ \varphi = \frac{1}{Ze} r\left(\Phi + \frac{\varepsilon_e}{e}\right). \end{cases}$$

L'équation de Poisson décrivant le potentiel se ramène à l'équation usuelle

(2) $$\frac{d^2\varphi}{dx^2} = x^{-\frac{1}{2}} \varphi^{\frac{3}{2}}.$$

Si l'on suppose la densité électronique constante, la fonction φ peut être représentée par une solution approximative

(3) $$\varphi = 1 + \left(b^2 \sqrt[3]{9} - \frac{3}{2} b\right) x + \frac{b^2}{2} x^3.$$

Cette solution est sûrement une approximation suffisante quand $\rho > [5{,}997]$ A. A cette approximation l'énergie potentielle est

(4) $$E = \frac{Z_1 Z_2 e^2}{r_E}\left(1 - \frac{3}{2}\frac{r_E}{r_0} + \frac{r_E^3}{r_0^3}\right),$$

r_0 étant le rayon de la sphère contenant en moyenne Z_2 électrons.

Pour calculer le nombre total de chocs utiles, nous devons utiliser une expression de la probabilité de franchissement de la barrière de potentiel. r_E désignant la distance classique d'approche de deux noyaux d'énergie cinétique totale E, on peut montrer qu'une approximation suffisante de la probabilité est

(5) $$G = \exp\left\{\frac{8\pi e\sqrt{2\overline{m}Z_1 Z_2 r^*}}{h} - \frac{2\pi^2 e\sqrt{2\overline{m}Z_1 Z_2 r_E}}{h}\right\}.$$

Le calcul du nombre de réactions fait intervenir l'intégrale

(6) $$\int_0^\infty e^{-\frac{E}{kT}} e^{-\frac{2\pi^2 e}{h}\sqrt{2\overline{m}Z_1 Z_2 r_E}} dE$$

que nous calculons en utilisant un gaussien au voisinage du maximum de l'exposant. En prenant comme nouvelle variable

(7) $$x = \left(\frac{8h^2 e^2 Z_2}{3\pi^3 \overline{A} k^2 H^2} \frac{\rho}{\mu T^2}\right)^{\frac{1}{3}} = [2{,}415]\left(\frac{\rho}{\mu T^2}\right)^{\frac{1}{3}} \quad \left(\begin{array}{c}\text{valeur numérique} \\ \text{pour } H^1,\ N^{14}\end{array}\right),$$

on peut écrire le nombre de réactions par centimètre cube et par seconde sous

une forme voisine de la forme usuelle [3]

$$N = \frac{4}{3^{\frac{5}{2}}} \frac{\rho^2 c_1 c_2}{m_1 m_2} \frac{\Gamma}{\hbar} a r^{\star 2} e^{4\left(\frac{2r^\star}{a}\right)^{\frac{1}{2}}} \tau''^2 e^{-\tau'}, \tag{8}$$

où τ'' et τ' sont liés à τ et x. On en déduit que la réaction se déroule A fois plus vite que ne l'indique la relation usuelle [3] et l'on a

$$A = f_1(x)\, e^{\tau f_2(x)}, \tag{9}$$

où f_1 et f_2 sont des fonctions compliquées de x données par une table. Nous appelons A *facteur d'accélération*. Il est possible, à l'aide de ce résultat, de calculer l'accélération de quelques vitesses de réactions. Si l'on considère la réaction

$$C_{12} + H_1 = N_{13} + \ldots, \tag{10}$$

qui se produit dans les étoiles, on trouve qu'à la température de $4,7 \cdot 10^6$ degrés, le facteur A prend les valeurs suivantes :

$\log\rho = 5,10$	$6,10$	$7,10$
$\log A = 5,06$	$9,87$	$16,01$

Il ressort de ce résultat que la luminosité observée pour Van Maanen 2 est incompatible avec le rayon de cette étoile tel qu'il est indiqué par Kuiper. En effet, à ce rayon correspondrait une couche de mélange assez profonde, donc assez dense (de l'ordre de 10^6 g/cm³). A cette densité, la vitesse de réaction serait telle qu'elle produirait un débit d'énergie au moins 10^8 fois plus grand que celui observé. Il faut donc conclure, indépendamment de toute hypothèse, sur la probabilité de la réaction

$$H_1 + H_1 = D_2 + e_+, \tag{11}$$

à une très faible épaisseur de la couche d'hydrogène de Van Maanen 2.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Synthèse de silicates de nickel, magnésium et cobalt, présentant des structures du type kaolinite-antigorite.* Note [1] de Mlle **Jacqueline Longuet**, présentée par M. Paul Lebeau.

Par chauffage en présence d'eau dans un tube scellé en pyrex, l'hydroxyde de nickel précipité se transforme en un composé nouveau, dont le diagramme de rayons X est entièrement différent de celui de l'hydroxyde initial. Cette

---

([3]) *Phys. Rev.*, 55, 1937, p. 434.

([1]) Séance du 3 Novembre 1946.

transformation a été observée à 120°, 135°, 150°, 200°, 250° et 275°. Elle est totale après 72 heures à 200°, ou après 15 jours à 150°, ou encore après 1 mois à 135°. Le diagramme appartient au même type que celui de la kaolinite. Quoique élargies en raison de la petitesse des particules, les principales raies permettent de mesurer les équidistances données dans la troisième colonne du Tableau; on pourra les comparer avec celles que nous avons obtenues dans les mêmes conditions avec un échantillon de kaolinite (deuxième colonne du tableau). Nous donnons dans la première colonne les équidistances que J. W. Gruner (2) attribue à cette dernière. Ceci conduit à penser que l'on est en présence d'une antigorite à base de nickel, dont la synthèse s'est effectuée à partir de l'hydroxyde de nickel et de la silice provenant du verre, qui se montre en effet fortement attaqué. Différents recuits, d'une durée de 48 heures, effectués à des températures n'excédant pas 600°, n'ont pas modifié le diagramme du composé; à 1000° par contre on assiste à une décomposition du silicate. La réaction de formation est favorisée par l'état de gel où se trouve l'hydroxyde de nickel précipité; si l'on dessèche ce dernier à l'étuve avant de le chauffer en tube scellé dans l'eau, la réaction est seulement partielle à 200°.

W. Feitknecht (3) a signalé un cas similaire, mais nos expériences donnent lieu à une réaction totale, alors que la phase solide obtenue par Feitknecht est constituée par un mélange de silicate de nickel et d'hydroxyde non transformé.

D'autre part, nous pensons pouvoir proposer pour ce composé la formule $3NiO\,2SiO_2\,2H_2O$ (A), différente de celle proposée par Feitknecht, $5NiO\,8SiO_2\,8H_2O$ (B). Notre formule (A) est déduite directement de celle de la kaolinite $Al_2Si_2O_5(OH)_4$, en remplaçant les atomes d'aluminium par ceux de nickel et en équilibrant les charges : $Ni_3Si_2O_5(OH)_4$; tandis que la formule (B) ne correspond pas à la structure de la kaolinite. Par ailleurs, les résultats des analyses effectuées sur différents échantillons seraient en accord avec la formule (A), si nous admettons avoir affaire à ce silicate A et à un excès d'environ 10 % de silice libre; celle-ci serait évidemment amorphe, étant donnée la température de la réaction, et ne saurait être décelée sur le cliché de Debye-Scherrer. Si l'on adopte la formule (B) de Feitknecht, il faudrait supposer, d'après les résultats des analyses, que nous avons environ 20 % d'hydroxyde de nickel libre; mais alors il serait certainement révélé par son diagramme X, très probablement déjà sur les échantillons préparés à 150° ou 200° et en tout cas après recuit du produit à 600°. Or, à cette température,

(2) *Z. Krist.*, 83, 1932, p. 75.
(3) *Helv. Chim. Acta*, 25, 1942, p. 1543.

le diagramme du silicate faiblit, mais aucune raie de $Ni(OH)_2$ n'apparaît. La formule $Ni_3Si_2O_5(OH)_4$ nous paraît donc plus vraisemblable.

On pouvait penser que cette synthèse d'une antigorite à base de nickel était facilitée par la structure en feuillets de l'hydroxyde de nickel, et que l'on obtiendrait probablement des réactions analogues avec d'autres hydroxydes ayant des structures du même type. En effet, des essais effectués sur l'hydroxyde de Mg dans les mêmes conditions ont permis d'obtenir une argile à base de magnésium, voisine de l'antigorite dont E. Aruja (4) a donné la structure, et présentant des raies de Debye dont les équidistances sont données dans le tableau. On peut comparer ces équidistances avec celles que nous a données un échantillon d'antigorite provenant d'Antigorio. Ce résultat est à rapprocher de ceux que H. Stresse et U. Hoffmann (5) obtiennent à partir de chlorure de magnésium, de silice et de potasse. Nous avons également pu préparer un silicate de cobalt analogue, à 230°, en partant de l'hydroxyde précipité. Le corps obtenu donne des raies de Debye assez fines. Les équidistances de ces différents silicates sont données dans le tableau ci-après.

Distances réticulaires données en angströms.

Kaolinite		Silicate			Antigorite	
(Gruner).	(*d* mesurés).	de nickel.	de cobalt.	de magnésium.	(Aruja).	(Antigorio).
7,15	7,22	7,35	7,26	7,61	7,26	7,30
4,37	4,44	4,52	4,67	4,53	4,62	4,61
3,57	3,58	3,58	3,61	3,64	3,63	3,64
2,58	2,57	2,65	2,86	–	2,69	–
–	–	2,51	2,54	2,54	2,49	2,54
2,34	2,35	2,16	2,16	2,14	2,14	2,17
2,00	2,01	–	2,02	–	–	–
1,67	1,68	1,72	1,78	1,71	–	1,78
1,49	1,50	1,52	1,52	1,54	1,54	{ 1,56 1,57
1,30	1,31	1,30	1,43	1,33	–	1,33

Cette méthode de synthèse de certaines argiles, à partir d'hydroxydes présentant une structure en feuillets, pourrait être appliquée à la préparation de catalyseurs, se rapprochant de ceux que l'on obtient par recuit de l'hydroxyde de nickel sur support de diatomées, utilisés par J. J. de Lange et G. H. Visser (6); mais dans ce dernier cas la réaction a lieu à 500° et en l'absence d'eau. Nous

(4) *Min. Mag.*, **27**, 1945, p. 65.
(5) *Z. anorg. Chem.*, **247**, 1941, p. 65.
(6) *De Ingénieur*, **58**, 1946, p. 24.

pensons que dans notre cas, la synthèse a pu se faire à une température notablement plus basse grâce à la présence de l'eau. C'est un exemple de ce fait que l'on peut rapprocher de ceux que nous avons signalés antérieurement (7).

CHIMIE. — *Sur une systématique des complexes de Biot-Gernez.* Note (1) de Mlle **Geneviève Sutra**, présentée par M. Paul Pascal.

I. J.-B. Biot (1837) a découvert que l'activité optique de l'acide tartrique subit une augmentation considérable quand on ajoute de l'acide borique à sa solution (2). D. Gernez (1887) trouva des variations beaucoup plus importantes en ajoutant du molybdate d'ammonium (3). Ces phénomènes ont été étudiés en particulier par E. Darmois et ses élèves et s'expliquent par l'existence d'ions complexes négatifs contenant un oxyde acide tel que MoO_3 et un corps actif possédant deux groupes OH voisins. Darmois a proposé de les appeler complexes de Biot-Gernez; une tentative de systématique a été faite en 1927 (4). Comme le noyau du complexe peut renfermer plusieurs atomes métalliques, la mesure du poids moléculaire est indispensable; elle a été effectuée pour ses sels de Na dans SO_4Na_2, 10 H_2O au point de transition. On trouve ainsi, pour les complexes molybdomaliques isolables, une formule avec $4MoO_3$ pour le complexe droit et MoO_3 pour le gauche.

Les complexes de Biot-Gernez sont du type imparfait (5) et plus ou moins dissociés en leurs composants. On arrive à une systématique satisfaisante en admettant que le centre du complexe est un *anion* polyatomique; les liaisons avec les molécules attachées sont du type hydrogène; elles s'expliquent par *la mise en commun de 2 protons* pour chaque molécule coordonnée. Comme l'ont montré toutes les recherches, la liaison H est de nature électrostatique; on s'explique ainsi de suite quelques propriétés des complexes de Biot-Gernez : formation instantanée à partir des composants, nature imparfaite du complexe, spectre Raman identique à celui des composants, éventuellement modifié par le blocage de certaines liaisons.

Les composés lévogyres du type MoO_3 (2 acide malique) seraient bâtis autour de l'ion MoO_4^{--}, deux des atomes O de l'ion étant liés aux 2OH voisins de la molécule par une liaison H. La charge de l'ion complexe ainsi formée est

(7) *Comptes rendus*, **213**, 1941, p. 577.

(1) Séance du 27 octobre 1947.

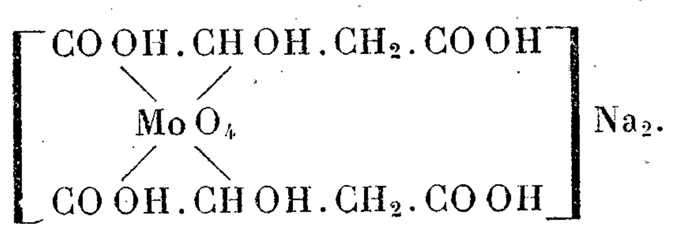
(2) *Mém. de l'Académie*, **16**, 1837, p. 229.

(3) *Comptes rendus*, **104**, 1887, p. 783.

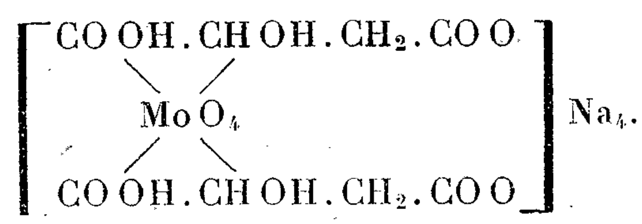
(4) *Bull. Soc. Chim. Belgique*, **36**, 1927, p. 64.

(5) Voir par exemple l'exposé de J.-P. Mathieu. *Bull. Soc. Chim. Fr.*, 1938, p. 725.

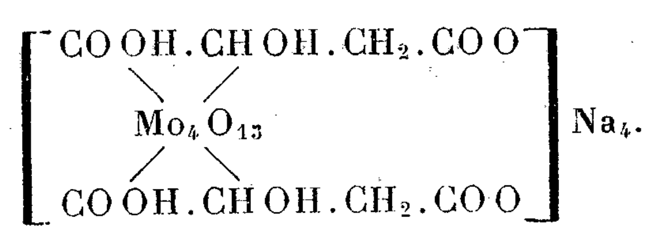
celle même de MoO_4^{--} si la molécule liée n'est pas ionisée, comme dans



Si la molécule liée est ionisée, ce qui a lieu dans un milieu de pH plus élevé, la charge augmente, comme dans



Les complexes dextrogyres du type $4MoO_3$ (2 acide malique) seraient bâtis de même autour d'un ion bivalent $Mo_4O_{13}^{--}$, avec ionisation de la molécule d'acide malique suivant le schéma



Les complexes de l'acide borique avec les diols non acides renfermeraient l'ion BO_2^-; ils seraient du type $[BO_2(OH)_2R]H$, acide nettement plus fort que l'acide borique. Le virage par la soude a lieu pour la proportion BO_2:Na, comme le montre l'expérience pour la mannite. Si le polyol renferme plusieurs groupes de 2OH voisins, une molécule de polyol peut fixer plusieurs BO_2. E. Darmois et M^lle^ Murgier ([6]) ont montré que la forme du glucose qui figure dans sa combinaison est du type α-furanique (deux groupes de 2OH voisins, l'un à l'extérieur de l'anneau, l'autre à l'intérieur). Le complexe est donc $[2BO_2C_6H_{12}O_6]Na_2$.

Au contraire, le xylose entre en combinaison sous la forme α (un seul groupe de 2OH), d'où la combinaison $[BO_2C_5H_{10}O_5]Na$.

III. Certains des complexes de Biot-Gernez montrent l'existence d'un pH de stabilité maximum; c'est le cas de tous les complexes analogues : l'émétique et particulièrement du complexe molybdique droit (pH 3,5). Le complexe imparfait est en équilibre avec l'ion Mo_4O_{13} en particulier qui n'est stable que dans un certain intervalle de pH acide. Le pH de stabilité peut être au contraire nettement basique; c'est le cas du composé boromannitique.

IV. Le corps dihydroxylé apporte 2H qui prennent chacun 4 électrons à

([6]) *Congrès Int. de Chimie*, Rome, 1938.

l'ion central. Cette perte d'électrons rend compte d'une propriété très importante des complexes de Biot-Gernez : l'oxyde qu'ils renferment est souvent beaucoup plus facile à réduire qu'à l'état non combiné; c'est le cas des complexes molybdiques et particulièrement des complexes cupriques (liqueur de Fehling).

CHIMIE GÉNÉRALE. — *Vérification du principe de Lavoisier sur des graines en voie de germination.* Note de M. **Émile Rinck**, présentée par M. Louis Hackspill.

Dans une Note précédente [1] nous avons montré que la germination de graines de cresson (cresson des jardins) respecte le principe de Lavoisier. En effet, 300^{mg} de graines germant en tube scellé et pesées toutes les 24 heures montraient des variations irrégulières de poids ne dépassant jamais 30^{γ}. Toutefois un doute subsistait. La pesée des tubes à germination étant toujours encadrée par celle de tubes témoins, ceux-ci avaient accusé des variations plus faibles au cours de plusieurs séries d'expériences. L'hypothèse d'une variation systématique de masse des graines en germination ne paraissait pas exclue, cette variation restant inférieure à 1/10000.

Pour trancher la question nous nous sommes efforcé, en premier lieu, d'augmenter la précision des pesées en agissant sur la température de la balance. Nous avons observé, en effet, qu'au cours des opérations celle-ci n'était jamais en équilibre avec la température du laboratoire, elle-même soumise à des variations sensibles (chauffage intermittent de la période d'hiver). La saison étant favorable, nous avons remplacé le chauffage urbain du laboratoire par un chauffage électrique réglé à $21° \pm 0°,2$ C. De plus, la balance étant placée dans une hotte désaffectée, nous y avons installé un chauffage par rayonnement réglé exactement à la même température que la salle. La température de la cage de la balance était alors constante à 0°,2 C. près pendant toute la durée des pesées.

En deuxième lieu, nous avons modifié chaque fois l'ordre des pesées des tubes-expériences et des tubes-témoins.

Grâce à ces précautions, les variations de poids des tubes-témoins furent toujours égales à celles des tubes à germination. En outre, l'amplitude de ces variations irrégulières ne dépassait plus jamais 10^{γ}, réduisant ainsi l'erreur relative au tiers de sa valeur précédente. Le principe de Lavoisier se trouve ainsi vérifié à 1/30000 près. La vérification à 1/100000 serait certainement possible avec une balance placée dans une cave isotherme non soumise aux trépidations.

---

(1) *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 835.

MÉTALLURGIE. — *Essai de détermination de la dimension moyenne des particules de cémentite contenues dans les divers constituants d'un acier ordinaire.* Note (1) de M. **Pierre Bortaud**, présentée par M. Paul Pascal.

La méthode de diffusion centrale des rayons X (2) fut appliquée à l'étude des constituants obtenus à partir d'un acier ordinaire contenant 0,8 à 1 % de carbone et particulièrement de la troostite et de la sorbite.

Nous avons d'abord opéré sur des lamelles d'acier amenées à 3 ou 5/100e de millimètre par polissage électrolytique. Les résultats furent négatifs, car la diffusion centrale exige une différence suffisante entre les densités électroniques de la phase dispersée et de la phase ambiante. Or, entre Fe et Fe_3C cette différence n'est que de 5 à 6 % ; on sépara donc les carbures de la ferrite, pour remplacer celle-ci par l'air ambiant, en utilisant un procédé électrolytique dérivé de celui d'Houdremont (3) et mis au point par le laboratoire des Établissements Schneider du Creusot.

Pour s'assurer de la conservation de forme des carbures durant cette opération, un carbure double de fer et de manganèse remarquablement cristallisé de la collection de l'École Centrale, ne donnant aucune diffusion centrale après pulvérisation, fut soumis à cette électrolyse, qui le laissa intact.

Il devenait donc possible d'utiliser le procédé pour la détermination de la dimension des particules de Fe_3C; on opéra sur les constituants suivants :

	Carbone %.
Fe_3C pur théorique	6,7
Perlite globulaire	6,47
Perlite lamellaire à tendance granulaire	6,46
Sorbite grossière	6,82
Troostite fine	7,98
Sorbite fine	6,90

Tous donnent une diffusion centrale, dont l'intensité croît de la perlite globulaire à la sorbite fine. Les troostite et sorbite grossières donnent des phénomènes presque aussi intenses que les fines. La perlite globulaire donne un phénomène très faible. Mais le plus remarquable est qu'une perlite lamellaire fine ait donné, elle aussi, un phénomène relativement intense.

Les courbes $\log(I, \varepsilon^2)$ utilisées dans la diffusion centrale s'écartent beaucoup des droites qui correspondraient à une taille uniforme des particules. Elles montrent une grande hétérogénéité de leur taille, mais le nombre des très petites particules va en croissant suivant l'ordre précité, de la perlite globulaire à la sorbite fine. Dans tous les échantillons, il y a de grosses particules, et s'il n'est pas possible de préciser un rayon moyen de gyration, on constate la

(1) Séance du 27 octobre 1947.

(2) A. Guinier, *Annales de physique*, 11e série, 12, sept. 1939, p. 161.

(3) *Archiv. f. das Eisenh.*, déc. 1941.

présence d'un nombre croissant de particules de rayon de gyration égal à 70 Å. On peut se demander si cette diffusion est due à la présence de particules de Fe_3C, à celle de microcavités ou à celle d'un autre corps en suspension, en particulier du carbone.

L'analyse des carbures utilisés donnant une valeur de C atteignant parfois 7,9 %, un essai fut pratiqué sur le carbure de Fe et Mn précité auquel 3 % de charbon actif très diffusant avaient été ajoutés. Aucune diffusion n'apparaissant, l'hypothèse de la présence de carbone fut rejetée.

Le profil des raies Debye-Scherrer dues à Fe_3C fut étudié au moyen d'une chambre spéciale permettant d'obtenir à la fois la diffusion centrale et la principale raie du spectre. (On reçoit celle-ci sur une petite pellicule placée perpendiculairement au rayon correspondant obtenu par monochromateur et en son point de convergence.) La photométrie montra que les raies sont formées d'une partie fine correspondant à des cristallites assez grosses et d'une base allant en s'élargissant de la perlite globulaire à la sorbite fine. Ceci laisse supposer la présence de microparticules de cémentite et confirme ce que nous disions plus haut.

Les microcavités peuvent résulter de la présence de microparticules, mais leur présence n'élargirait pas la base des raies Debye.

En conséquence il semble probable que la cémentite n'existe vraiment en grosses cristallites que dans les constituants à formation lente comme la perlite globulaire. Par contre, pour les constituants fins, la distribution de la taille des particules est très étendue. Quant à la perlite lamellaire, il semble qu'elle ne constitue pas une suspension de cristallites aussi bien formés que le microscope le montre.

Tous ces essais ont été effectués avec un monochromateur donnant la raie $K\alpha$ du Co, nécessaire pour les composés ferreux. Mais l'appareil utilisé était muni, au lieu d'une anticathode de Co pleine, d'une anticathode de cuivre recouverte d'un dépôt électrolytique très mince de Co. On a pu, ainsi, augmenter notablement la puissance du tube.

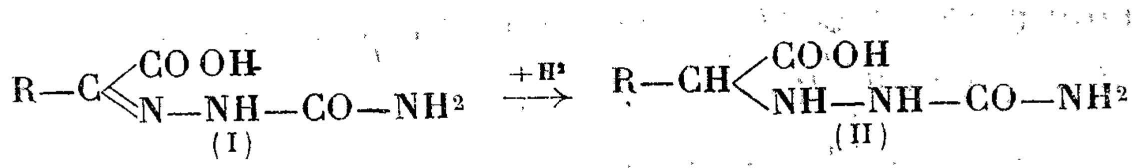
Signalons qu'un essai effectué sur la cémentite à 350°, c'est-à-dire au-dessus de la perte de magnétisme, a permis de vérifier que sa structure reste identique à celle qu'elle possède à froid.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Contribution à l'étude des acides cétoniques : particularités de la réduction de leurs semicarbazones.* Note de MM. **J. Bougault**, **E. Cattelain** et **P. Chabrier**.

L'un de nous et L. Popovici (¹) ont signalé que les semicarbazones des acides α-cétoniques (I) se réduisent normalement sous l'action de l'amalgame

(¹) J. Bougault et L. Popovici, *Comptes rendus*, 189, 1929, p. 186.

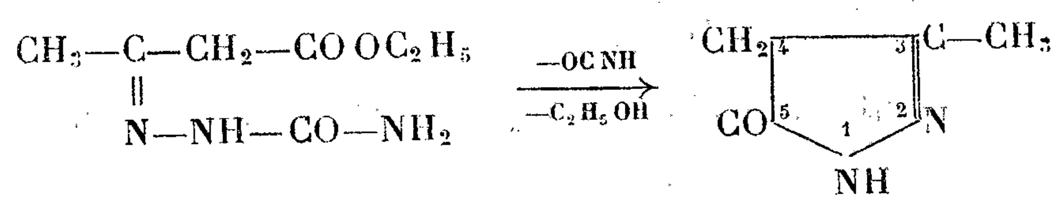
de sodium; elles donnent les acides semicarbazidiques correspondants (II) :



(I) (II)

On aurait pu s'attendre à ce que les autres classes d'acides cétoniques (β, γ, etc.) se comportent de même. Il n'en est rien cependant. L'objet de cette Note est précisément de montrer que chaque classe d'acides cétoniques possède, à cet égard, un comportement très nettement différent. Nos expériences n'ont toutefois porté, jusqu'ici, que sur un ou, au plus, deux exemples de chaque classe, ce qui n'autorise pas une généralisation.

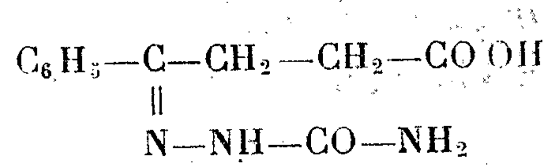
1° *Acides β-cétoniques.* — L'exemple choisi a été la semicarbazone de l'acétylacétate d'éthyle (III). On a obtenu un composé (F 215°) qui a été identifié avec la méthyl-3 pyrazolone-5 (IV) :



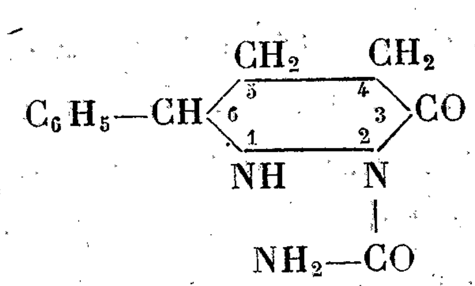
(III) (IV)

Il n'y a pas eu hydrogénation, mais élimination d'une molécule d'acide cyanique, d'une molécule d'alcool, et cyclisation.

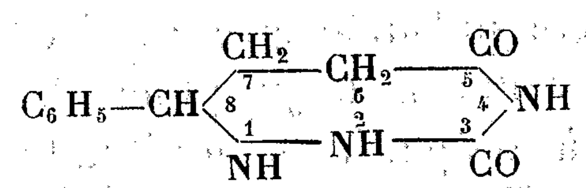
2° *Acides γ-cétoniques.* — L'acide benzoylpropionique a été choisi. La semicarbazone (V)



a fourni, par hydrogénation, un composé (F 166°) assez soluble dans l'eau, ayant perdu son caractère acide, auquel ses propriétés et le dosage de ses éléments permettent d'attribuer la formule (VI) (céto-3 benzyl-6 hexahydropyridazinecarbamide-2) ou (VII) (dicéto-3.5 benzyl-8 triaza-1.2.4 cyclo-octane)



(VI)



(VII)

Ici, il y a eu hydrogénation et cyclisation par déshydratation.

3° *Acide ε-cétonique.* — Les deux exemples suivants ont été retenus : semicarbazone de l'acide lactarinique ou acide céto-6 stéarique (VIII), acide extrait par J. Bougault et G. Charaux (²) de quelques champignons du genre *Lactarius*

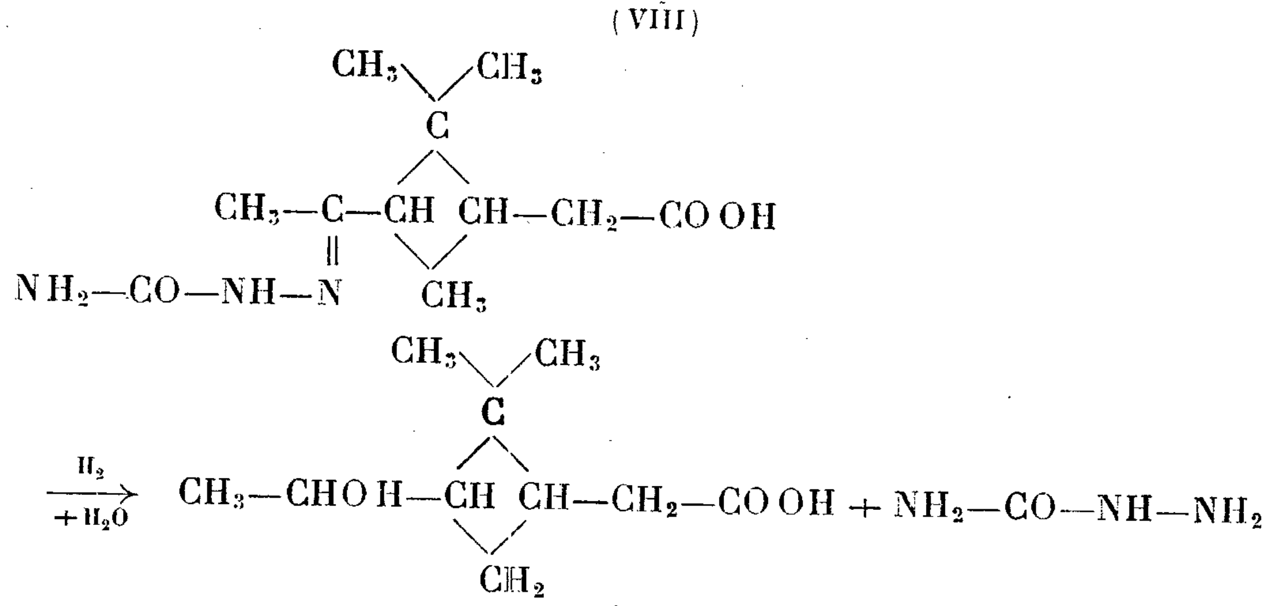
(²) *Comptes rendus*, 153, 1911, pp. 572 et 880.

Fries, et semicarbazone de l'acide ($d+l$) pinonique (IX). Dans les deux cas, on obtient l'acide alcool secondaire correspondant : acide hydroxy-6 stéarique (F 84°) et acide $d+$ı pinolique (F 100°).

$$CH_3-(CH_2)_{11}-\underset{\underset{N-NH-CO-NH_2}{\|}}{C}-(CH_2)_4-COOH$$

$$\xrightarrow[+H_2O]{+H_2} CH_3-(CH_2)_{11}-CHOH-(CH_2)_4-COOH + NH_2-CO-NH-NH_2$$

(VIII)



(IX)

Il y a donc eu, à la fois, hydrogénation et hydrolyse.

CHIMIE ORGANIQUE. — *α-méthyl- et αα'-diméthylcyclohexanols : obtention de cyclanols stéréoisomères par électrolyse.* Note ([1]) de MM. **Pierre Anziani**, **André Aubry** et **Raymond Cornubert**, présentée par M. Marcel Delépine.

Dans une précédente Note ([2]) deux d'entre nous ont indiqué que l'action du bromure d'isobutylmagnésium sur l'αα'-diméthylcyclohexanone avait conduit en particulier à l'alcool secondaire correspondant; cet alcool avait pu être transformé en deux phényluréthanes, l'un F 159° issu de l'alcool F 42° déjà obtenu par de nombreux procédés de réduction de la cétone, l'autre F 102-103° qui avait été présumé être celui correspondant au troisième αα'-diméthylcyclohexanol non isolé jusqu'ici (le deuxième alcool stéréoisomère F 52°,5, très facile à préparer, conduit à un phényluréthane F 132°). Depuis nos publications, Plattner, Fürst et Hellerbach ([3]) ont décrit les alcools suivants : *a*. F 40°; *b*. F 47°; *c*. liquide, de phényluréthanes respectifs : *a*. F 158°; *b*. F 133-134°; *c*. non décrit, et de 3.5-dinitrobenzoates : *a*. F 134°; *b*. F 168-169°; *c*. F 93°.

Dans le but de posséder une quantité suffisante de matière première et

([1]) Séance du 3 novembre 1947.

([2]) R. Cornubert, P. Anziani, et M. Descharmes, *Comptes rendus*, 223, 1946, p. 358.

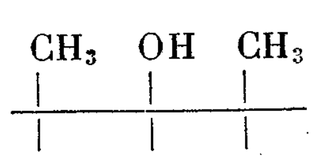
([3]) Plattner, Fürst et Hellerbach, *Helv. Chim. Acta.*, 30, 1947, p. 100.

d'atteindre enfin le troisième αα'-diméthylcyclohexanol, nous avons naturellement songé à reproduire l'action du bromure d'isobutylmagnésium sur l'αα'-diméthylcyclohexanone ([4]), mais grande fut notre surprise de ne déceler que le phényluréthane F 159°; la répétition de cette expérience, soit dans les conditions précédentes, soit dans d'autres conditions, n'a plus permis de retrouver le phényluréthane F 102-103° qui, dans notre toute première expérience, avait été le constituant fondamental. Il fallait donc chercher de nouvelles techniques qui, comme précédemment, ont été d'abord essayées sur l'α-méthylcyclohexanone.

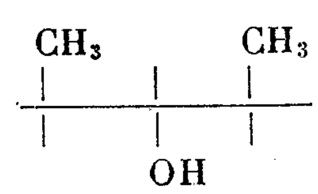
La réduction électrolytique a été réalisée avec diverses cathodes. Avec l'α-méthylcyclohexanone, les résultats suivants ont été obtenus : *mercure* et *plomb*, isomère *trans* pur; *nickel*, mélange des isomères *cis* et *trans* dans lequel domine le dérivé *trans*; *cuivre*, isomère *cis* pur; *platine*, pas de réduction. Ainsi, avec la nature de la cathode, la stéricité varie. Mais les résultats, jusqu'ici tout au moins, n'ont pas été aussi intéressants en ce qui concerne l'αα'-diméthylcyclohexanone : avec le *mercure* ou le *plomb* on obtient uniquement l'alcool de phényluréthane F 132°; avec le *nickel* ou le *cuivre* aucune réduction n'a été observée. Ces essais préliminaires vont donner lieu à une étude systématique.

De plus, si la réduction de l'α-méthylcyclohexanone par le système magnésium-alcool méthylique n'a donné que l'isomère *trans*, l'αα'-diméthylcyclohexanone n'a ainsi pas été réduite.

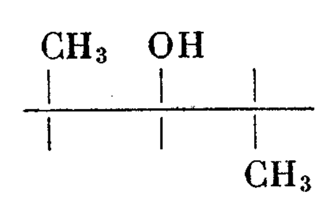
En résumé aucun des divers procédés de réduction directe de l'αα'-diméthylcyclohexanone utilisés ici ou précédemment, n'a permis d'atteindre massivement et de décrire le troisième αα'-diméthylcyclohexanol. Nous pensons pouvoir l'atteindre de la façon suivante. L'alcool F 42° chauffé avec du sodium, est transposable en l'alcool F 52°,5 ([5]); par similitude avec le comportement du *cis*-α-méthylcyclohexanol qui se transforme en l'isomère *trans* dans les mêmes conditions, nous rattachons, au moins provisoirement, ces deux alcools F 42° et F 52°,5 aux structures respectives (I) et (II).



(I)



(II)



(III)

L'alcool inconnu serait (III) et relèverait de la cétone *trans*. Partant alors d'une substance connaissant sûrement une position *trans* des groupes méthyle, en l'espèce l'oxime F 118° ([6]), nous l'avons convertie en amine par le sodium et

([4]) Comme pour la première expérience, elle fut préparée par la méthode de Ruzicka, Kohlhaas et Wind.

([5]) R. Cornubert, P. Anziani et P. Hartmann, *Bull. Soc. Chim.*, 1947, p. 402.

([6]) R. Cornubert, P. Anziani, R. André, M. de Demo, R. Joly et P. Robinet, *Bull. Soc. Chim.*, 5e série, 12, 1945, p. 365.

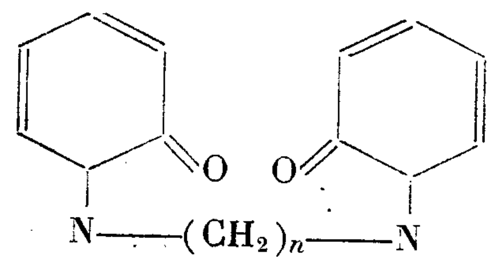
l'alcool absolu, et cette amine a été transformée en alcool par l'acide nitreux. Nous avons ainsi obtenu un $\alpha\alpha'$-diméthylcyclohexanol car, par oxydation, il a fourni l'$\alpha\alpha'$-diméthylcyclohexanone qui a été caractérisée par sa combinaison tétrahydropyronique et par les deux oximes F 79° et F 118°. Le phényluréthane de cet alcool étant resté visqueux pendant des mois, l'alcool a été converti en 3.5-dinitrobenzoate : à côté d'une petite quantité de 3.5-dinitrobenzoate F 166-167°, nous avons isolé le 3.5-dinitrobenzoate F 93-94°. Tous deux se sont révélés identiques à ceux préparés par le Professeur Plattner et ses collaborateurs (⁷).

Nous avons alors vérifié les rapports existant entre : *a*. l'alcool F 52°,5, le 3.5-dinitrobenzoate F 166-167° et le phényluréthane F 132°; *b*. l'alcool F 42°, le 3.5-dinitrobenzoate F 133-135° et le phényluréthane F 159°. De plus l'hydrolyse du 3.5-dinitrobenzoate F 93° nous a donné un alcool qui a fourni un phényluréthane très visqueux présentant la teneur voulue en azote pour un dérivé de ce type relevant d'un diméthylcyclohexanol.

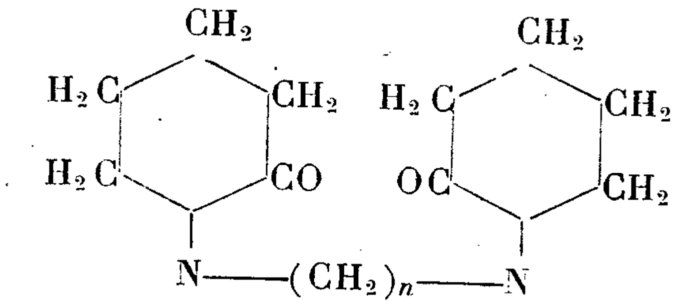
Nous avons ainsi identifié quatre substances répondant à cette composition : trois solides F 102-103°, F 132°, F 159° et un liquide très visqueux. Aussi cette étude est-elle poursuivie.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'hydrogénation des* bis-*α-pyridones : polyméthylène* bis-*pipéridones et* bis-*aminoacides correspondants*. — Note (¹) de MM. **Jean-Albert Gautier** et **Jean Renault**, présentée par M. Marcel Delépine.

L'un de nous a reconnu (²) qu'en présence de nickel de Raney, le noyau α-pyridone est aisément hydrogéné en cycle α-pipéridone, dès la température et la pression ordinaires. Le même caractère se retrouve chez les *bis*-pyridones (I) dont nous avons décrit récemment (³) la préparation et les propriétés; ces composés fixent $4H_2$ par molécule ($2H_2$ par noyau) en donnant naissance à des *bis*-α-pipéridones de formule générale (II).



(I)



(II)

(⁷) Il en a d'ailleurs été de même de celui spécialement préparé fondant à 133-135°. Des échantillons de ces trois 3.5-dinitrobenzoates nous ont été envoyés par M. le Professeur Plattner.

(¹) Séance du 3 novembre 1947.

(²) J. A. Gautier, *Thèse Doctorat* (Sciences), Paris, 1937.

(³) *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 682.

L'allure du phénomène est la même que dans les cas des monopyridones. L'absorption de l'hydrogène varie avec le temps de façon linéaire jusqu'à saturation des deux doubles liaisons de chaque noyau; la courbe ne décèle aucun point singulier correspondant à l'hydrogénation de la première liaison multiple; en bref, le noyau se comporte, ici comme dans les mono-pyridones, à la manière d'un système à deux doubles liaisons conjuguées.

Bien que l'hydrogénation puisse être réalisée à la pression atmosphérique, une surpression modérée rend beaucoup plus rapide l'absorption du gaz. Dans la pratique, nous opérons à la température ordinaire et sous des pressions variant de 1 à 20^{kg}; le composé *bis*-pyridonique, mis en solution alcoolique, est additionné de Nickel de Raney fraîchement préparé à partir de l'alliage (poids pour poids de catalyseur pesé humide) et agité sous pression d'hydrogène jusqu'à refus d'absorption. Le métal est alors séparé et lavé à l'alcool; les liqueurs alcooliques réunies sont distillées et abandonnent la *bis*-pipéridone à peu près pure. La purification en est achevée par distillation dans le vide. Les rendements sont théoriques.

Les *bis*-α-pipéridones distillent à l'état huileux et cristallisent par repos; elles sont solubles dans l'eau et dans les solvants organiques usuels, peu solubles dans l'éther de pétrole. Elles s'écartent des *bis*-pyridones correspondantes, qui sont neutres, par leurs propriétés légèrement basiques; leurs dichlorhydrates sont hygroscopiques, mais stables. La particularité la plus remarquable des *bis*-α-pipéridones réside dans leur caractère de dilactames : chacun des deux noyaux de leur molécule est assimilable au cycle lactamique d'un acide δ-aminovalérique, susceptible d'ouverture. De fait, soumises à l'hydrolyse chlorhydrique, ces *bis*-pipéridones donnent naissance aux acides aminés de constitution (III), par rupture des cycles entre l'atome d'azote et le carbonyle.

$$HO.CO(CH_2)_4NH.(CH_2)_nNH(CH_2)_4.COOH. \quad \text{(III)}$$

La *bis*-pipéridone est mise à bouillir pendant 10 heures avec ClH concentré en excès; le dichlorhydrate de l'acide aminé cristallise par refroidissement de la solution chlorhydrique; l'évaporation à sec de celle-ci fournit une nouvelle quantité de chlorhydrate d'acide. On purifie par recristallisation dans l'alcool aqueux. Rt. 90 %. Pour obtenir l'acide aminé libre à partir de son dichlorhydrate, on agite celui-ci en solution aqueuse avec un excès d'oxyde d'argent humide, on filtre le chlorure d'argent, puis on élimine par SH_2 les traces d'argent passées en solution; l'acide libre cristallise par concentration. On le purifie par recristallisation de l'alcool aqueux.

La tendance à la décyclisation de la chaîne fermée pipéridonique, qui ne se rencontre nullement chez les pyridones, caractérise la différence très nette qui existe entre un *cycle* (pipéridone) et un *noyau* (pyridone). La réaction hydrolytique qu'on vient de décrire ouvre aussi une voie avantageuse pour la préparation des acides polyméthylène-*bis*-δ-aminovalériques de formule (III), dont les possibilités réactionnelles paraissent, par ailleurs, dignes d'intérêt. L'un de nous poursuit présentement le développement de leur étude.

Description de quelques bis-*α-pipéridones* $(C_5H_8ON)-(CH_2)_n-(C_5H_8ON)$ *et des* bis-*aminoacides correspondants.*

$C_{13}H_{22}O_2N_2$: ($n = 3$) crist. F 45° (corr.) $É_4$ 228°; dichlorhydrate F 173-174°. Acide F 168°; dichlorhydrate de l'acide F 194-195° (déc.).

$C_{14}H_{24}O_2N_2$: ($n = 4$) crist. F 49° (corr.) $É_{3,5}$ 244-245°; dichlorhydrate F 139-140° (corr.). Acide F 252° (déc.); dichlorhydrate de l'acide F 185-186° (déc.).

$C_{15}H_{26}O_2N_2$: ($n = 5$) crist. F 48-49° (corr.) $É_3$ 240-241° (hygroscopique). Dichlorhydrate de l'acide F 173-174° (déc.).

GÉOLOGIE. — *Origines possibles des bone-beds.* Note de MM. **Henri Heldt, André Rivière** et **Pierre Bellair**, présentée par M. Charles Jacob.

On a coutume de considérer les *bones-beds* de poissons des couches lagunaires comme résultant de l'invasion brutale de la mer dans des lagunes dessalées où vivaient des poissons dulçaquicoles. La multiplicité de ces lits d'ossements dans certaines couches géologiques est alors expliquée par des invasions successives, séparées par des phases de dessalure. Tout ceci suppose nécessairement que les poissons en cause étaient sténohalins.

Les observations de l'un de nous (H. Heldt) sur les lagunes tunisiennes permettent d'avancer d'autres hypothèses. Les lagunes de la côte tunisienne, en communication avec la mer, se montrent actuellement peuplées d'espèces nettement euryhalines. Parmi les poissons on trouve principalement : l'anguille (*Anguilla anguilla* L.), plusieurs espèces de Muges (*Mugil cephalus* Cuv., *M. ramada* Risso, *M. labrosus* Risso, *M. auratus* Risso, *M. saliens* Risso), des loups (*Morone labrax* L., *M. punctata* Bloch), la daurade (*Chrysophys aurata* C. V.) et la sole (*Solea vulgaris* Cuv.) Ces poissons pénètrent dans les lagunes à l'état d'alevins, y croissent rapidement et, le moment venu, sortent pondre à la mer.

La Gaarat Ischkeul, lac saumâtre s'étendant sur 12000 hectares, communique par l'Oued Tindja, sinueux et peu profond, avec le Lac de Bizerte, relié lui-même à la mer par un canal. Le Poisson qui y vit, sollicité, à l'époque du frai, par l'arrivée des eaux salées, sort à la mer par l'Oued Tindja et le Lac de Bizerte. Si les courants marins n'arrivent pas jusqu'au lac, soit du fait de l'encombrement du lit de l'oued, soit par la persistance de l'écoulement des eaux douces, les reproducteurs ne trouvent pas d'issue et demeurent dans un milieu qui ne convient pas à leur état. Ils dépérissent et meurent en masse. Seule, au reste, est touchée l'espèce mûre pour le frai. On a vu ainsi des hécatombes de Muges céphales succéder, par dizaines de tonnes, à des mortalités de même importance de Muges ramada. Le rétablissement du courant marin remettait tout en état.

On note là une cause de destruction inopinée, purement biologique, due à l'arrêt du cycle normal et se produisant pour chaque espèce à une période bien déterminée.

Les faits observés dans la Sebkra Kelbia sont d'un autre ordre. Cette cuvette, qui sert de

déversoir aux oueds qui débouchent dans la plaine de Kairouan, est située à une vingtaine de kilomètres à l'intérieur des terres. Son point le plus bas est à la cote + 15,5. Un seuil à la cote + 19,5 sépare le lac de la mer.

Si les apports des oueds ont été faibles, l'évaporation, très intense, assèche rapidement le lac. Par contre, aux très fortes crues, il peut déborder et ses eaux s'écoulent à la mer. Le fait s'est produit en 1870, 1883 et 1931. A la faveur de cette communication, des bancs de civelles et d'alevins de Muges ont pu ainsi pénétrer dans le lac et s'y sont trouvés bientôt isolés. Leur croissance s'y montra exceptionnelle, chaque sujet augmentant son poids de 600 à 800g par an. En 1938 le Kelbia était de nouveau à sec.

On conçoit que la succession de périodes d'empoissonnement, de croissance accélérée et d'assèchement total puissent provoquer la formation de couches à ossements, comme on en trouve de subactuelles dans bien des points du Sahara soudanais.

Le pullulement extraordinaire de cette faune inhabituelle dans des eaux ordinairement peuplées par des Invertébrés est évidemment une prédisposition favorable à de tels dépôts.

Les eaux du Bahiret de Tunis, riches en matières organiques, se montrent périodiquement le siège d'un autre phénomène : aux époques de fortes chaleurs et de calme, un micro-organisme anaérobie, réducteur des sulfates : le *Vibrio desulfuricans*, se multiplie activement, produisant d'abondantes quantités d'hydrogène sulfuré. Il s'ensuit une désoxygénation des eaux et la mortalité par asphyxie des poissons du lac. Le fait ne cesse que si un vent frais aère à nouveau le milieu, s'il s'établit un courant venant de la mer ou si, favorisée par la présence de H^2S, se met à pulluler une thiobactérie, antidote du vibrion : *Beggiatoa roseo parsicana.*

Les conséquences peuvent ainsi se limiter à une mortalité réduite ou prendre une plus grande ampleur : c'est plusieurs centaines de tonnes de poissons morts qui ont dû être enfouis en juillet 1939.

Le Kelbia, l'Ischkeul, comme le lac de Tunis, montrent qu'un afflux d'eau marine, loin d'être une cause de destruction de la faune est, au contraire, une raison de sa prospérité.

Il n'y a pas de raison pour qu'il n'en ait pas été de même au cours des temps géologiques. En postulant l'euryhalinité des poissons des bone-beds, on évite l'explication des variations brusques et répétées de salure. L'idée d'une soudaine invasion marine est d'ailleurs dans une certaine mesure contradictoire avec le fait que, dans les pays subdésertiques, la commnication avec la mer résulte plus souvent d'un afflux massif et exceptionnel d'eau douce que l'inverse. Elle n'est pas non plus en accord avec le fait que la majorité des lagunes côtières représentent un phénomène de comblement plutôt que d'invasion marine.

Ainsi, si les bone-beds des couches lagunaires sont peut-être dus parfois à la mort subite des poissons d'eau douce sténohalins incapables de supporter un afflux brusque d'eau marine; ils doivent beaucoup plus fréquemment être la conséquence d'une destruction massive de poissons euryhalins en provenance de la mer voisine, pour des causes biologiques, bactériologiques ou simplement climatiques.

GÉOLOGIE. — *Nouvelles observations sur la faune et la flore des couches exploitées dans le bassin houiller de Djerada (Maroc Oriental).* Note de M. **Boris Owodenko**, présentée par M. Charles Jacob.

Depuis la publication de mon Mémoire sur le Bassin houiller de Djerada [1], des faits nouveaux ont été établis sur la faune limnique et la flore, par suite de mes récoltes de la campagne 1946. Elles ont été faites dans le terrain houiller au-dessus du Grand Poudingue, qui marque la limite entre les couches à *Anthracoceras ægiranum* et le Westphalien supérieur. Celui-ci contient les couches d'anthracite où toute l'exploitation est actuellement concentrée. Les veines exploitées ont été désignées par des lettres de bas en haut, de A jusqu'en H. La stampe entre le Grand Poudingue et la couche H est de l'ordre de 400^m. Je dois à M. A. Carpentier les déterminations de plantes citées ici.

Couche A. — Aucun fait nouveau pour le toit schisteux à *Estheria Simoni* Pruvost et *Anthracomya Phillipsi* Williamson.

Couche B. — Les nouvelles espèces reconnues de végétaux du toit sont : *Neuropteris heterophylla* Brongniart, *Pecopteris Miltoni* Artis, *Pecopteris abbreviata* in Zeiller, *Cordaites principalis* Germar, *Sphenophyllum* sp., *Asterotheca* sp.

Couche C. — Aucun fait nouveau pour les schistes noirs du toit à *Estheria Simoni* Pruvost, *Estheriella Reumauxi* Pruvost et *Anthracomya Phillipsi* Williamson.

Entre D et F, un niveau, situé à 20^m au-dessous de F, a donné : *Neuropteris Scheuchzeri* Hoffman, *Cordaites borassifolius* Sternberg.

Couche F. — Dans les schistes noirs fossiles du toit : *Estheriella Reumauxi* Pruvost; *Anthracomya Phillipsi* Williamson; *Anthracomya Pruvosti* Tchernischew.

Couche G. — Au sein des schistes, à 15^m au-dessus de la veine exploitée avec *Anthracomya Phillipsi*, plusieurs specimens d'*Anthracomya* aff. *prolifera* Waterlot, Moore et Trueman.

Entre G et H, un niveau, à 20^m au-dessous de H, contient des *Mixoneura*, formes voisines de *Mixoneura sarrana* P. Bertrand et de *Mixoneura Deflinei* P. Bertrand.

Couche H. — Nouvelles espèces reconnues dans le toit schisteux : *Pecopteris candolleana* Brongniart; *Pecopteris* du groupe *P. cyathea* Schlotheim *Cordaites* sp.

Ces déterminations permettent de faire les constatations suivantes :

1° Depuis les couches actuellement exploitées A, B, C jusqu'à F qui sera mise en exploitation prochainement, ce que l'on connaît de la faune et de la flore apparente ces couches avec l'assise de Bruay.

2° Entre D et F la présence de *Neuropteris Scheuchzeri* Hoffmann ne permet pas d'affirmer qu'on soit sorti de l'assise de Bruay, car cette espèce monte plus haut, mais se trouve déjà dans l'assise de Bruay.

3° Au-dessus de la couche G, il existe un horizon à *Anthracomya* dont les

---

(1) *Mémoire explicatif de la Carte géologique du Bassin houiller de Djerada et de la région du Sud d'Oujda* (*Annales de la Société Géologique de Belgique*, 70, fasc. h. s., 1947).

affinités sont avec des formes trouvées par Moore et Trueman dans les couches de Radstock. La présence de ces éléments ne permet pas toutefois une conclusion ferme au point de vue stratigraphique ; mais il est possible qu'on se trouve là déjà à des niveaux du Radstockien inférieur d'Angleterre ou de l'assise de la Houve en Sarre.

5° L'horizon, à 20^m au-dessous de la couche H, renferme des *Minoxeura* appartenant à des espèces qui ont les plus étroites affinités avec celles des flambants supérieurs de la Sarre, et le toit de la couche H contient des *Pecopteris* appartenant à des espèces connues ailleurs dans l'assise de Rive-de-Gier (Stéphanien inférieur). Ces éléments permettent de conclure que les couches les plus élevées du bassin houiller de Djerada ont des rapports de flore avec les couches du Radstockien supérieur d'Angleterre et, en Sarre, avec les flambants supérieurs, assise de la Houve, et les couches inférieures d'Ottweiler, ces dernières correspondant à l'assise de Rive-de-Gier dans le Massif Central.

GÉOLOGIE. — *Sur quelques particularités de la série stratigraphique de la Vanoise septentrionale (Savoie) : rôle des décollements et des laminages.* Note de M. **Léon Moret**, présentée par M. Charles Jacob.

Parmi les régions des zones intraalpines françaises, la Vanoise est l'une de celles qui se sont montrées le plus rebelles à l'analyse stratigraphique et tectonique, et cela, malgré les travaux classiques de P. Termier, complétés par ceux de J. Boussac, M. Gignoux, E. Raguin [1]. C'est que l'apparition du métamorphisme général alpin et l'intervention de phénomènes mécaniques violents ont contribué à modifier le faciès des divers terrains et quelque peu troublé le jeu normal de l'orogénèse dans tout le secteur compris entre les cours supérieurs de l'Arc et de l'Isère.

Les travaux préparatoires à l'aménagement hydroélectrique des grandes vallées de ce secteur conduisent à quelques observations nouvelles entre le Doron de Pralognan et l'Isère supérieure (de Bourg-Saint-Maurice à Tignes). Nous les présentons ici, en les groupant suivant les grandes unités tectoniques qui se succèdent d'Ouest en Est, c'est-à-dire de bas en haut.

1° *Zone houillère briançonnaise.* — Le Houiller y présente son type normal schisto-gréseux à anthracite et peut se terminer localement par un Permien également normal (grès *verrucano* et schistes violets). Toutefois, dans les environs du Villard-de-Bozel et de Bourg-Saint-Maurice, *ces formations deviennent progressivement métamorphiques vers le Nord et l'Est*. Çà et là, des lambeaux de la couverture mésozoïque y sont conservés sous forme de *lentilles de Trias généralement réduites à des quartzites très écrasés,*

---

(1) M. Gignoux, *Les problèmes géologiques de la région Vanoise-Mont-Pourri (Savoie)* (*Trav. Labor. Géol. Univ. Grenoble*, XV, 1929); E. Raguin, *Haute-Tarentaise et Haute-Maurienne (Alpes de Savoie)* (*Mém. Carte Géol. France*, 1930).

schisteux ou même pulvérulents, séparant ce Permo-Houiller peu ou pas métamorphique du socle, des schistes cristallins du Mont-Pourri, de Bellecôte et du Grand-Bec qui le dominent de toute part.

2° *Massif cristallophyllien de la Vanoise septentrionale* (*Mont-Pourri, Bellecôte, Grand-Bec*). — Complexe toujours plus ou moins laminé, dont les termes les plus fréquents sont des micaschistes et des schistes séricíteux avec rares passées de phyllades. Les rapports avec le Houiller de la zone précédente y sont les mêmes que plus au Nord, au Col du Petit-Saint-Bernard; autrement dit, il ne semble pas y avoir de passage entre les deux et le contact est d'origine tectonique, étant toujours souligné par un *horizon de schistes sériciteux et quartzeux laminés et froissés à l'extrême ainsi que par des lentilles de quartzites triasiques* appartenant à l'unité précédente, On ne peut donc *plus parler de passage progressif entre le Houiller de base et les schistes cristallins du Pourri.*

3° *Couverture mésozoïque des schistes cristallins de la Vanoise-Mont-Pourri.* — Il n'en subsiste que des lambeaux dans le massif Pourri-Bellecôte-Grand-Bec, mais elle se développe vers l'Est à partir de Tignes et de Pralognan, et là, viennent se superposer au Trias, les complexes jurassiques et même crétacés de la Vanoise proprement dite, tandis que l'ensemble est affecté de nombreux replis anormalement déversés ou même refoulés vers le Sud (Synclinorium de la Vanoise médiane). *Le Trias débute toujours par des schistes verts peu métamorphiques* (Permo-Trias?), non reconnus jusqu'ici, mais retrouvés en Maurienne, près d'Aussois, par M. Gignoux. C'est ce niveau qui a facilité le *décollement des quartzites* superposés, car, toujours, ceux-ci débutent par des couches extrêmement laminées, feuilletées ou même sableuses. Au sommet des quartzites vient la formation des gypses et cargneules, le plus souvent réduite à ces dernières ou aux schistes noirs associés par suite d'un *nouveau décollement* qui a affecté la base des calcaires gris compacts (calcaires à Diplopores). Cette base, qui correspond à l'horizon des calcaires vermiculés du Briançonnais, est ainsi devenue les *calcaires phylliteux inférieurs*, horizon très constant du Trias moyen dans la région et bien observable à Pralognan.

C'est par des schistes (parfois associés à des roches lagunaires comme dans le Briançonnais) que se termine le Trias (schistes à *Equisetites*), et ces schistes sont souvent laminés par un *troisième décollement* des complexes jurassiques superposés qui prennent alors le faciès de calcaires phylliteux (*calcaires phylliteux supérieurs*, surtout liasiques).

Enfin, on sait que la série sédimentaire se termine par les calcschistes et calcaires marbreux du Jurassique (Dogger?, Malm) et les marbres en plaquettes crétacés.

4° *Zone des gypses.* — Ces amas, sans rapport stratigraphique avec leur substratum, sont considérés comme jalonnant le front des masses charriées ; ils ont été alimentés par les gypses triasiques de la couverture de la zone houillère et des schistes cristallins de la Vanoise-Mont-Pourri, secondairement extravasés vers la surface par des influences tectoniques (M. Gignoux). Dans notre région, le Crêt du Feu, la Dent de Villard et le Petit-Mont-Blanc de Pralognan en sont des exemples bieu connus.

5° *Zone des schistes lustrés.* — Elle entre dans la constitution de la Vanoise orientale dont elle est toujours séparée par une zone de gypse. Ses rapports avec cette région sont d'ailleurs tels que P. Termier et W. Killian ont pu depuis longtemps parler d'une « nappe des schistes lustrés », que nous citons ici pour mémoire, et qui vient chevaucher la couverture nésozoïque de la Vanoise.

Conclusions. — Les faits nouveaux découlant de ce qui précède et dont devra tenir compte toute nouvelle synthèse de la Vanoise sont les suivants :

Le Houiller de la zone houillère briançonnaise peut devenir métamorphique,

mais il n'existe pas de liaison visible entre ce Houiller du socle et les schistes cristallophylliens du Mont-Pourri et de Bellecôte. Les quartzites du Trias sont toujours décollés au niveau de leur contact avec les terrains plus anciens, grâce à un horizon schisteux vert. Les *calcaires phylliteux*, attribués en bloc au Trias moyen par P. Termier, sont en réalité d'âges différents (calcaires phylliteux inférieurs ou triasiques, supérieurs ou jurassiques) et semblent bien être en relation avec les grands décollements qui clivent la couverture sédimentaire, déjà affectée par le métamorphisme alpin ; on peut donc penser que les laminages subséquents, dont l'importance en Vanoise est bien connue puisqu'ils peuvent aller jusqu'à la suppression complète d'étages, ne sont pas totalement étrangers à la naissance de ces faciès.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Contribution à l'étude de la composition chimique du Tabac : Sur la présence de l'acide méthyl-3 valérianique dextrogyre dans la feuille fermentée de Tabac.* Note de MM. **Sébastien Sabetay** et **Jacques Panouse**, présentée par M. Marcel Delépine.

Les recherches sur la constitution chimique des substances odorantes contenues dans les feuilles fermentées de Tabac ont fait l'objet de publications assez nombreuses. On peut constater cependant que le problème n'a pas été résolu à la satisfaction des chercheurs. C'est ainsi que la présence de quantités appréciables d'acide méthyl-3 valérianique n'avait jamais été signalée à notre connaissance.

Le Tabac que nous avons utilisé pour notre étude provenait de la région de Bône en Algérie ; il appartient à la variété *Zina court* et a été récolté en 1941. 190^{kg} de tabac à fumer, finement haché, ont été épuisés par du benzène froid, suivant un mode opératoire déjà mis au point par l'un d'entre nous (¹).

La concrète benzénique obtenue après évaporation du solvant est une masse pâteuse d'un vert très foncé à odeur tabacée typique, avec relents de figue et de miel.

On soumet une partie de cette concrète à la distillation sèche, sous un vide de 1 à 2^{mm}, en prenant des précautions pour éviter la mousse. Le distillat jaune paille est agité avec de la soude à 4 %, puis à 7 %, qui entraîne les acides et les phénols. Ces derniers sont régénérés par un courant de gaz carbonique. Les sels de sodium non décomposés sont alors déplacés par l'acide sulfurique, et les acides libérés extraits à l'éther.

Il reste cependant une petite quantité d'acides dissous dans l'eau ; après

(¹) S. Sabetay, L. Trabaud et H. F. Emmanuel, *Chim. et Ind.*, **46**, 1941, p. 429, et *Comptes rendus*, **213**, 1941, p. 321 ; L. Palfray, S. Sabetay, L. Sabourin et H.-F. Emmanuel, *Ann. Chim. Anal.*, **23**, 1941, p. 311 ; L. Palfray, S. Sabetay et L. Trabaud, *Indust. Parfum.*, **2**, 1947, p. 83.

conversion en sels de sodium, ces acides hydrosolubles sont libérés, puis estérifiés par l'alcool butylique normal en présence d'acide sulfurique; les esters butyliques sont soumis à des distillations fractionnées successives. Ceci nous a permis de mettre en évidence, après saponification, *l'acide formique* et *l'acide acétique*, dont la présence a déjà été signalée dans la feuille de Tabac (¹) (²).

Nous avons alors estérifié les acides précédemment extraits à l'éther au moyen d'alcool éthylique en présence de SO_4H_2, et nous avons soumis à une rectification très soignée les esters éthyliques formés. Dans les parties de tête, nous avons retrouvé les acides formique et acétique estérifiés, puis une petite quantité d'un ester que nous avons saponifié.

L'acide libéré est, selon toute vraisemblance, *l'acide valérianique normal* (fusion mélangée du dérivé bromophénacylé avec celui de l'acide valérianique normal de synthèse). Seuls Kipriyanov et Gabel (³) avaient obtenu cet acide par distillation sèche et brutale des feuilles de Tabac.

La distillation permet d'isoler ensuite des portions plus abondantes qui possèdent les constantes suivantes :

É 156-157°; $n_D^{20,5}$ 1,4068; I. S. 393 (calculé pour $C_5H_{11}COOC_2H_5$ 389).

Ces fractions donnent naissance après saponification à un acide possédant une odeur valérianique intense :

(É 194-196°; $n_D^{20,5}$ 1,4158; $d_4^{20,5}$ 0,9276; $[\alpha]_D + 7°66$) qu'on a identifié avec l'acide méthyl-3 valérianique dextrogyre

$$CH_3-CH_2-CH(CH_3)-CH_2-COOH,$$

grâce aux points de fusion mélangés de son amide (F 125°), de son paratoluidide (F 75°), et de son ester parabromophénacylé (F 36°), avec les dérivés correspondants de l'acide méthyl-3 valérianique racémique préparé par synthèse, lesquels, selon Marckwald, ont cette singularité de fondre au même point que les dérivés actifs (cf. Beilstein). La teneur en azote de l'amide est de 11,95 % (théorie pour $C_6H_{13}ON$ 12,17 %).

La présence d'acide méthyl-3 valérianique, dit *acide caproïque actif*, n'avait jamais été signalée dans le Tabac, à notre connaissance. Tout au plus, C. Neuberg et J. Burkard (⁴) indiquent-ils la présence dans la fumée de Tabac, d'homologues supérieurs de l'acide valérianique, déviant à gauche la lumière polarisée.

D'autre part, il est curieux de constater que cet acide se forme abon-

---

(²) A. Schmuck, *Industrie de recherches sur le Tabac* (Russie) (*Bull.*, 50, 1929, p. 1).

(³) *Ukrainskii Khem., Zhur.* 4, *Techn. Pt.*, 45, 1929; cité d'après *Chem. Abst.*, 24, p. 916², 1930.

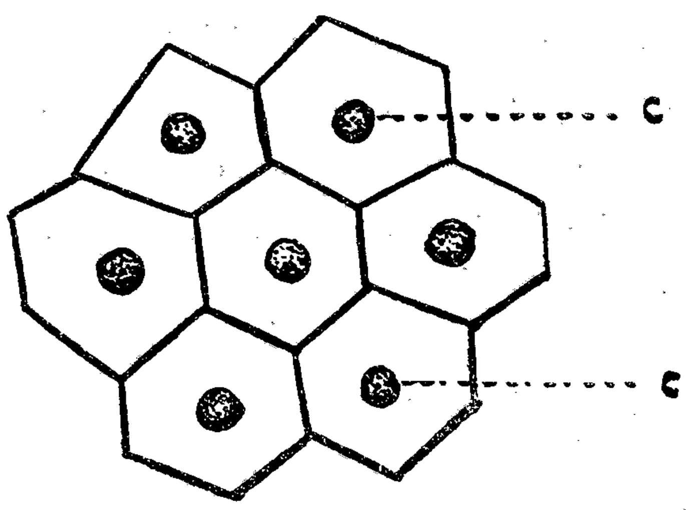
(⁴) *Bioch. Zeits.*, 243, 1931, p. 472.

damment dans certaines putréfactions bactériennes ([5]) où il prend naissance par désamination de l'isoleucine $CH_3—CH_2—CH(CH_3)—CH(NH_2)—COOH$, à côté de petites quantités d'acide valérianique normal. On a également signalé sa présence dans le pétrole ([6]), auquel on attribue généralement une origine bactérienne.

A part cela, on ne l'a pratiquement pas rencontré dans la nature, et c'est pourquoi nous supposons que cet acide prend naissance dans le Tabac au cours de la fermentation subie par la feuille après sa dessiccation.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Sur des gènes élaborateurs de pigments anthocyaniques des anthères des fleurs de* Pirus communis *et d'autres plantes*. Note ([1]) de M. **Jean Politis**, présentée par M. Louis Blaringhem.

On ne savait pas comment se forme l'anthocyane dans les anthères des fleurs de nombreuses plantes. Dans cette Note nous résumons les observations que nous avons faites sur la formation cytologique de l'anthocyane dans les anthères des fleurs de *Pirus communis* L., *Papaver Rhœas* L., *Capparis spinosa* L., et d'autres plantes.



Cellules épidermiques d'une anthère de *Pirus communis*.
Chacune de ces cellules renferme un cyanoplaste (*c*).

Pirus communis. — On sait que les fleurs de cette espèce sont blanc rosé, en corymbes, et les anthères rouges. Si l'on examine les cellules épidermiques des anthères d'une fleur en voie d'éclosion, on peut suivre tous les stades successifs de la formation de l'anthocyane au sein des organites élaborateurs (cyanoplastes). L'épiderme, qui s'étend sur toute la surface de l'anthère, est composée de cellules; chacune d'elles, à son jeune âge, renferme, outre le noyau et le cytoplasme, un cyanoplaste, c'est-à-dire un corpuscule sphérique, d'une

([5]) C. Neuberg et E. Rosenberg, *Bioch. Zeits.*, 178, 1907, p. 7.

([6]) W. A. Quebedeaux, G. Wash, W. O. Ney, W. W. Crouch et H. L. Lochte, *J. Amer. Chem. Soc.*, 65, 1943, p. 767.

([1]) Séance du 3 novembre 1947.

couleur rouge. Au commencement ce corpuscule est très petit et incolore; il s'accroît ensuite, prend la coloration indiquée ci-dessus et atteint une grandeur supérieure à celle du noyau. Enfin il se dissout et le suc cellulaire, qui tout d'abord était incolore, prend la coloration rouge. Ces corpuscules, nous avons constaté qu'ils possèdent une enveloppe dans l'intérieur de laquelle s'élaborerait le pigment. Comme on sait, l'anthocyane est en général soluble dans l'eau et dans l'alcool. Par l'emploi de ces solvants on peut constater, sur les cyanoplastes, une enveloppe qui présente une plus grande résistance. Dans les cellules du connectif, les cyanoplastes sont petits; leur grandeur augmente à mesure que nous avançons des cellules du connectif vers les cellules des deux bords de la fente. On observe des cyanoplastes assez semblables dans les cellules épidermiques des anthères des fleurs des plantes suivantes : *Convolvulus tenuissimus* Sibt. et Sm., *Linum usitatissimum* L., *L., angustifolium* Huds. *Orlaya platycarpos* (L) Koch, *Sherardia arvensis* L., *Scrophularia peregrina* L.

Papaver Rhœas L. — Les fleurs de cette plante sont grandes; elles sont rouges, et les anthères ont une teinte violette due à la présence d'un pigment anthocyanique dissous dans le suc vacuolaire. En observant les cellules épidermiques d'une anthère où le pigment commence à apparaître, il est possible de rencontrer tous les stades successifs de la formation de l'anthocyane et de constater qu'elle est produite par l'activité des petits corpuscules (Cyanoplastes). On constate d'abord, dans le cytoplasme de quelques cellules, l'existence de très petits grains dont la couleur d'abord bleu pâle, s'accentue peu à peu. La couleur est due à l'anthocyane. A un stade plus avancé, on voit ces grains subir un accroissement de volume assez sensible. Certains de ces éléments produisent un petit renflement et prennent ainsi la forme d'un haltère. Plus loin la couleur du pigment s'accentue peu à peu surtout dans les renflements ainsi formés; ceux-ci grossissent, finissent par s'isoler et prennent la forme de sphérules. Ces sphérules peuvent se fusionner souvent pour constituer de grosses masses à contour irrégulier, puis elles se dissolvent dans le suc vacuolaire. Ainsi, le pigment, qui se forme au sein de ces corpuscules se dissout, à la fin, dans une grosse vacuole occupant presque toute la cavité de la cellule. La couleur du pigment, après l'action du suc cellulaire, devient violette.

Capparis spinosa L. — Nous avons constaté que, dans les cellules épidermiques des anthères des fleurs de cette espèce, l'anthocyane apparaît dans des éléments qui prennent des formes filamenteuses et peuvent s'anastomoser et se transformer en une sorte de réseau. Les résultats de nos recherches peuvent donc se résumer de la manière suivante : Les pigments anthocyaniques, dans les anthères des fleurs que nous avons examinées, s'élaborent : 1° au sein d'un cyanoplaste unique par cellule (*Pirus communis*, etc.); 2° au sein de nombreux éléments, qui prennent la forme de sphérules (*Papaver Rhœas*, etc.) ou la forme de longs filaments (*Capparis spinosa*, etc.). Ce dernier mode de

formation cytologique des pigments anthocyaniques a été observé pour la première fois (1914) par Guillermond, dans les dents des jeunes folioles des Rosiers. En outre, en 1911, nous avons montré, par l'étude de la formation cytologique des pigments anthocyaniques dans les fleurs d'un certain nombre de Monocotylédones et Dicotylédones, que ces pigments apparaissent d'abord dans le cytoplasme au sein des corpuscules spéciaux qui ont été décrits pour la première fois par nous sous le nom de cyanoplastes et considérés comme des organites élaborateurs de pigments anthocyaniques. La couleur de ces fleurs, qui est un des caractères extérieurs les plus frappants, semble être produite par des organites spécifiques. Mais ces organites possèdent la propriété de s'accroître et de se multiplier. Ils proviendraient toujours d'organites préexistants et se transmettraient de l'œuf à l'embryon. Dans l'œuf devrait donc exister l'organite ou gène ayant la propriété d'élaborer de l'anthocyane et de produire la couleur caractéristique de la fleur. Cet organite, à la suite d'une excitation, sort du noyau, grossit peu à peu et devient un cyanoplaste (comme dans les anthères de *Pirus communis*, etc.) ou se multiplie activement; les éléments qui proviendraient de cette multiplication produisent de l'anthocyane (comme dans les anthères de *Papaver Rhœas*, etc.).

BIOLOGIE DES SOLS. — *Les associations de microorganismes dans les sols.* Note (1) de M. **Jacques Duché**, présentée par M. Roger Heim.

Les relations entre les organismes du sol prennent des aspects très divers, depuis l'étroite association des racines des Légumineuses avec les bactéries des nodosités ou celle des racines des Conifères avec les champignons des mycorhizes, jusqu'à la simple juxtaposition sans autre action réciproque qu'une concurrence spatiale de deux micromycètes ayant les mêmes exigences écologiques.

Dans l'état actuel de nos connaissances sur la biologie des sols, il n'est pas possible de discerner le mécanisme et l'importance relative des réactions réciproques des organismes du sol même quand celles-ci concernent les nodosités des Légumineuses ou les mycorhizes qui, cependant, ont été l'objet d'études approfondies.

Les travaux considérables qui ont été faits sur les antibiotiques nous apprennent que l'action biochimique d'une bactérie ou d'un champignon, d'un microorganisme en général, est essentiellement variable avec ce qui l'environne, ce qui laisse pressentir que les résultats de toute étude *in vitro*, en culture pure, ne seront qu'exceptionnellement applicables aux phénomènes réels qui se produisent dans le sol.

---

(1) Séance du 3 novembre 1947.

Pour qu'une recherche de laboratoire concernant les relations entre microorganismes puisse donner des résultats transposables au sol, il est nécessaire de réaliser les conditions d'environnement, physiques, chimiques et biologiques de la Nature, c'est-à-dire de constituer un sol synthétique aussi semblable que possible au sol en place. Une telle synthèse n'est possible que si, préalablement, une analyse complète du sol a été faite.

En ce qui concerne les microorganismes, les analyses faites jusqu'ici portent, à la fois, pour chaque prélèvement, sur un groupe très restreint, les micromycètes, ou les bactéries aérobies ou encore les bactéries anaérobies se développant sur les milieux usuels, et sur un volume de sol minuscule de l'ordre de 10^{-5} cm³. Deux analyses portant sur deux prises d'essai d'un même sol donnent généralement des résultats différents, tant est variée et hétérogène la micropopulation des sols. Les conclusions déduites d'une analyse ou d'un nombre restreint d'analyses ne peuvent être étendues à des surfaces de sol d'intérêt agronomique, l'hectare par exemple, sans de grossières erreurs. En effet, pour cette surface et une terre arable de 20^{cm} de profondeur, il serait nécessaire de multiplier le résultat d'une analyse, faite sur le volume considéré ci-dessus, par le coefficient 2.10^{14}.

Pour surmonter cette difficulté nous avons multiplié les analyses de telle façon que toute analyse nouvelle n'apporte pas une perturbation de plus de 5 % sur la liste des organismes isolés, en choisissant les micromycètes comme tests parce que leurs thalles ont une morphologie et une couleur permettant de les distinguer facilement les uns des autres, alors qu'il est moins commode de différencier les colonies de bactéries. Ces analyses, que nous poursuivons depuis plusieurs années, nous permettent de conclure qu'il existe des groupements de microorganismes caractéristiques à la fois du type de sol et des types d'associations végétales.

Nous avons effectué, en outre, de telles analyses sur les sols à calcaires dolomitiques et à végétation clairsemée des Causses, sur les mêmes sols à végétation forestière, — deux mêmes sols à végétation différente —, et sur un sol calcaire de la Champagne pouilleuse, un sol voisin du premier quant à la constitution physico-chimique et quant à la dispersion de la végétation. Nous avons trouvé trois aspects de *paysages* de micromycètes parfaitement caractéristiques de ces sols, se retrouvant à des distances assez grandes de l'ordre de plusieurs kilomètres, à la condition que le micro-climat soit le même, et se retrouvant aussi dans des prélèvements faits à un an de distance et à la même époque.

Il nous semble que l'on puisse extrapoler ces résultats aux bactéries.

L'existence de ces associations assez stables fait espérer que l'on réussira la synthèse biologique d'un sol dans lequel la résultante de toutes les actions des microorganismes pourra être déterminée. Cette résultante sera certainement différente de celle qui a été observée sur les milieux de culture artificiels,

puisque dans ceux-ci les facteurs physiques et chimiques de l'environnement n'ont aucun point commun avec ceux du sol.

La détermination de ces associations a l'avantage aussi de donner une idée de la composition chimique du sol plus précise que les analyses habituelles, ces associations étant influencées par les oligoéléments. Enfin, des conclusions pratiques : influence sur les cultures, action sur les engrais, etc., peuvent être déduites de l'étude biologique de ces associations puisqu'elles concernent un volume de sol d'intérêt agronomique.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *L'action antibiotique de la clitocybine est-elle due à l'acide cyanhydrique ?* Note de M. **Marcel Locquin**, présentée par M. Roger Heim.

On sait que A.-Ch. Hollande (¹) a ici-même, à deux reprises, attiré l'attention sur l'action, qualifiée par lui d'antibiotique, des extraits de *Clitocybe* (*Aspropaxillus*) *gigantea* (Fr. ex Sow.) Quél. var. *candida* (Bres.) Heim. Le 20 avril 1946 nous nous sommes rendu à Gresse (Isère) pour étudier sur place les cercles mycéliens découverts par M. Hollande. Nous avons prélevé des carottes de terre dans la zone dénudée des *fairy rings*. Celles-ci dégageaient une légère odeur cyanhydrique. Au laboratoire, quelques mois plus tard, la présence de l'acide cyanhydrique dégagé a été mise en évidence par les réactions de Guignard, de Schœnbein et de Steimetz. En octobre de la même année, sur des carpophores adultes, nous avons comparé ce dégagement à celui du type qui est nettement plus faible. Même constatation a été faite sur les mycéliums. Il y a donc là un argument en faveur de l'opinion de M. Roger Heim qui sépare physiologiquement *candida* de *gigantea*.

En juin 1947, en l'absence de Clitocybes, nous avons effectué des essais préliminaires d'extraction sur *Marasmius Oreades*, espèce elle aussi cyanogénétique, pour essayer d'y mettre en évidence un hétéroside hypothétique responsable de ce dégagement. Nous avons réussi à isoler quelques milligrammes d'un corps soluble dans l'éther acétique, hydrolysable par l'acide sulfurique dilué à chaud avec dégagement de HCN, se décomposant lentement à froid avec émission du même gaz, émission non accélérée par l'émulsine.

Ayant pu nous faire envoyer de Haute-Savoie des échantillons secs de *Clitocybe candida* et *Cl. infundibuliformis*, nous venons de reprendre nos extractions avec ce matériel. Au cours de celles-ci nous avons constaté :

1° Que l'action antibiotique des extraits bruts s'exerçait *in vitro* sur toutes les bactéries examinées et qu'en particulier il n'y avait jamais de contaminations accidentelles au cours des manipulations (ces résultats sont en parfait

(¹) *Comptes rendus*, **221**, 1945, pp. 361-363 et **224**, 1947, pp. 1534-1536.

accord avec les travaux récents de MM. Ch. Rivière, M. Thely et G. Gautron exposés à la séance du 4 novembre 1947 de la *Soc. Chim. Biol.*).

2° Que cette action se manifeste à distance et sans contact sur un plasmode de *Fuligo septica* (particulièrement sensible à HCN) par la simple présence, dans l'atmosphère confinée du flacon de culture, du gaz dégagé qui provoque le rougissement puis la mort du plasmode.

3° Que l'extrait reconnu actif sur *Bac. subtilis* par la méthode des dilutions (Oxford) pouvait être fractionné de la façon suivante : dessiccation et broyage du champignon; extraction à l'alcool froid, à l'eau froide; réunion des extraits; évaporation à froid sous vide; reprise par une faible quantité d'eau et extraction à l'éther acétique. La phase éthérée contient un corps cyanogénétique qui est probablement un hétéroside. La phase aqueuse contient une protéine présentant tous les caractères de solubilité et de précipitation des globulines, en particulier l'insolubilité dans une solution demi-saturée de Am_2SO_4. Une analyse chromatographique de partage de l'hydrolysat dans l'eau saturée de phénol nous permit de constater, entre autres acides aminés, la présence de glycocolle. Cet hydrolysat, extrait à l'éther acétique, nous a donné un corps paraissant identique au corps cité plus haut, que l'on peut ainsi considérer comme probablement lié, par un cénapse, à la protéine.

La mise en évidence ci-dessus d'un corps cyanogénétique, dégageant assez d'acide cyanhydrique pour que, dans une atmosphère confinée, celui-ci se montre toxique vis-à-vis d'un plasmode de Myxomycète, nous permet de penser que c'est à HCN qu'il faut attribuer le comportement antagoniste. Ceci n'exclut évidemment pas la possibilité de l'existence simultanée d'un autre antibiotique. Mais de toute façon son intérêt pratique paraît s'en trouver diminué.

Remarques sur la précédente Note par M. Roger Heim.

Dans la précédente Note, M. Marcel Locquin a été amené à examiner une hypothèse séduisante sur le rôle que pourrait présenter l'acide cyanhydrique (sous une forme qu'il suppose se rattacher à un hétéroside) dans le pouvoir antibiotique du *Clitocybe candida* dont M. Ch. Hollande a tiré des extraits renfermant une substance qu'il a appelée clitocybine, présentant, selon ce dernier, une action inhibitrice vis-à-vis de très nombreuses bactéries et notamment du bacille de Koch.

J'avais été amené, dès le début de 1946, lors de discussions à la Société Mycologique de France et au Comité Scientifique des Antibiotiques, à émettre cette supposition concernant la part que l'acide cyanhydrique pourrait exercer dans cette action. Cette hypothèse se reliait aux résultats des divers dosages de CNH que j'avais effectués, depuis 1942, par la méthode à l'iodure de potassium et au nitrate d'argent, sur toute une série de Clitocybes cyano-

génétiques, offrant par ailleurs un net pouvoir bactériostatique, comparable à celui du *Clitocybe candida* (²).

Certains de ces chiffres (publiés dès 1945) (³) donnent une idée de l'importance de cette teneur en CNH (par rapport à la matière sèche et pour 1000 : *Marasmius Oreades* 0,615, *Clitocybe candida* 0,405, *Cl. clavipes* 0,400, *Cl. geotropa* 0,405, *Cl. gigantea* 0,147, *Cl. cf. maxima* 0,172, *Cl. maxima* 0,540-0,550). Si j'ai été amené à défendre le point de vue selon lequel il existe deux formes physiologiques distinctes, quoique fort voisines, du *Cl. gigantea* (⁴), contrairement à l'opinion de plusieurs auteurs qui les identifient, c'est notamment en raison des différences en teneur de CNH que m'ont révélées les dosages, et que les chiffres ci-dessus mettent en lumière.

Mais les observations que j'ai faites jusqu'ici sur les propriétés culturales et cyanogénétique de ces Clitocybes étaient encore trop fragmentaires pour me permettre de publier quelque donnée à leur sujet. La Note de M. Locquin, qui apporte un élément nouveau en faveur de cette thèse sur l'influence possible du CNH dans les propriétés bactériostatiques notées précédemment, m'autorise aujourd'hui à y faire simplement allusion.

Il n'est pas douteux, d'ailleurs, que ce corps, quelle que soit la forme sous laquelle il se présente chez diverses espèces de Marasmes et de Clitocybes, peut atteindre une teneur fort élevée, « sa répartition chez les Agarics n'étant pas quelconque et correspondant, au moins en partie, à des affinités naturelles » (⁵). L'espèce, connue à ce jour, renfermant la quantité la plus élevée de CNH, est le remarquable Marasme que j'ai récolté l'an dernier au Cameroun, *Symcollybia arborescens* (P. Henn.) Heim, et qui provoque le rougissement du papier picrosodé de Guignard en moins de 20 minutes (⁶). C'est sur de telles espèces hautement cyanogénétiques qu'il conviendrait de poursuivre de nouveaux essais comparativement à ceux déjà entrepris par Ch. Hollande, par Rivière, Thely et Gautron, et par Locquin.

EMBRYOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Précisions expérimentales sur le mode d'action inductrice du canal de Wolff sur le mésonéphros des Amphibiens anoures.* Note (¹) de M. **Roger Cambar**, présentée par M. Maurice Caullery.

Après l'isolement d'un fragment du canal de Wolff au niveau de la zone mésonéphrogène, il apparaît des unités mésonéphrétiques uniquement en

(²) *Voir* également W. H. Wilkins et G. C. M. Harris, *Ann. app. Biol.*, **31**, 1945, p. 261.

(³) Roger Heim, *Titres et Travaux scientifiques*, Paris, 1945, p. 35.

(⁴) *Voir* notamment *in* A. Ch. Hollande, *Action de la clitocybine sur le bacille tuberculeux et autres microbes*, Montpellier, 1946, p. 5.

(⁵) Roger Heim, *loc. cit.*, 1945.

(⁶) Roger Heim, *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 1319.

(¹) Séance du 3 novembre 1947.

regard de ce fragment. Aussi avons-nous précédemment indiqué que le pouvoir morphogénétique du canal de Wolff nous paraissait limité à une courte distance du canal lui-même.

Les expériences, dont l'exposé et les résultats font l'objet de cette Note, ont pour but de préciser ces dernières observations.

Matériel et méthode. — Nous utilisons les larves déganguées de Grenouille agile (*Rana dalmatina* Bon.). L'opération n'est réalisable que pendant les 12 heures qui précèdent l'éclosion spontanée. Elle consiste à dévier le canal de Wolff de sa position normale, tout en conservant intactes ses connexions avec le pronéphros et le cloaque. La capacité excrétrice du canal reste ainsi inaltérée. Du pronéphros au cloaque, le canal de Wolff est à peu près rectiligne, ce qui interdit toute déviation sans élongation. Cette dernière ne pourrait pas être obtenue sans déviation du conduit, d'où lésions d'importance variable. Un artifice opératoire apporte une solution satisfaisante.

Au moyen de fines aiguilles (sous la loupe binoculaire $G=60$) nous déroulons les dernières circonvolutions du tube pronéphrétique qui constituent la partie postérieure du pronéphros. Ce tube se continue directement hors de la masse pronéphrétique, et sans changement de calibre notable, par le canal de Wolff, lequel se trouve ainsi allongé de la portion déroulée. De proche en proche, en direction postérieure, au moyen de fins crochets de fil d'argent glissés sous l'ectoderme, il est alors possible de déplacer le canal de Wolff de sa position normale en direction soit latérale, soit latéro-ventrale. Il en est ainsi jusqu'au voisinage immédiat du cloaque laissé intact. A ce dernier niveau, le canal de Wolff retrouve sa place normale. Le canal dévié se rapproche donc, vers l'arrière, de plus en plus des blastèmes mésonéphrétiques (base inféro-interne des myotomes, racines du mésentère), jusqu'à être normalement à leur contact près du cloaque.

Une telle déviation du canal de Wolff, d'abord très importante, puis de plus en plus faible jusqu'à devenir nulle, permet de connaître la distance minima à laquelle peut s'exercer le pouvoir inducteur du canal sur le mésonéphros.

L'opération est d'une réalisation délicate (3 à 4 % de succès). Nous l'avons réussie chez 13 larves.

Résultats. — Le canal de Wolff largement dévié s'altère progressivement. Ses parties antérieure et moyenne s'atrophient le plus souvent après 30 jours environ; sa portion postérieure subit des altérations moindres. Ces faits ne gênent pas l'étude des résultats de la déviation, ces derniers étant déjà très nets 20 jours après l'opération.

On retrouve le canal de Wolff soit sur le bord externe des myotomes, soit sur le côté dorso-externe du cœlome.

Dans toute la région où le canal de Wolff n'est pas en position typique, le mésonéphros reste à l'état de blastèmes de petite taille et indifférenciés. Il est donc indispensable que le canal soit au contact des blastèmes mésonéphrogènes pour que s'effectuent leur croissance et leur différenciation.

L'examen de certaines déviations très graduelles permet une étude plus précise. Dans le sens transversal, si la distance séparant le bord interne du canal de Wolff du bord externe du blastème dépasse 100-120$^{\mu}$, aucune action morphogénétique ne peut s'exercer. Cette dernière commence à se manifester

vers 90-100$^{\mu}$ et devient normale à partir de 70-80$^{\mu}$, soit environ le calibre externe du canal de Wolff lui-même : en moyenne 60-70$^{\mu}$ (têtard de 20 jours, 15^{mm} de longueur).

Dans le sens longitudinal, la distance minima relevée est encore plus faible (expériences dans lesquelles le canal de Wolff quitte sa position normale par un coude très brusque). A une distance de 30-40$^{\mu}$ au delà du coude, les blastèmes restent de petite taille et indifférenciés.

En résumé, la croissance des blastèmes mésonéphrétiques et leur différenciation en structure tubulaire ne peuvent s'effectuer qu'en présence du canal de Wolff, et seulement si ce dernier, fonctionnel ou non, est au contact des blastèmes mésonéphrogènes ou, au plus, à une distance égale environ au calibre externe du canal lui-même. La position normale du canal de Wolff est donc strictement privilégiée et permet seule, à de très faibles variations près, l'organisation des blastèmes adjacents. Ce dernier fait augmente encore l'étroite dépendance de la morphogénèse du mésonéphros à l'égard du canal de Wolff.

GÉNÉTIQUE. — *Étude d'une mutation chez* Jæra marina *Fabr.* (*Isopode Asellote*). Note (¹) de M. **Charles Bocquet**, présentée par M. Louis Fage.

Jæra marina est l'un des Isopodes les plus communs sur nos côtes. Sa coloration normale, brune (exemplaires de l'Aber, à Roscoff) ou gris pâle (exemplaires des îles de la baie de Morlaix et de la côte de Pempoull), selon la densité des chromatophores, ne semble pas susceptible de varier beaucoup suivant les conditions de fond ou d'éclairement.

On connaît quelques variantes de ces colorations : Kesselyàk (²) signale, chez *Jæra marina*, l'existence d'individus portant des taches claires sur différentes parties du corps et, chez d'autres espèces voisines, une dépigmentation totale de certains tergites. Il ne semble pas, en tout cas, qu'une analyse génétique quelconque ait porté sur un Isopode marin.

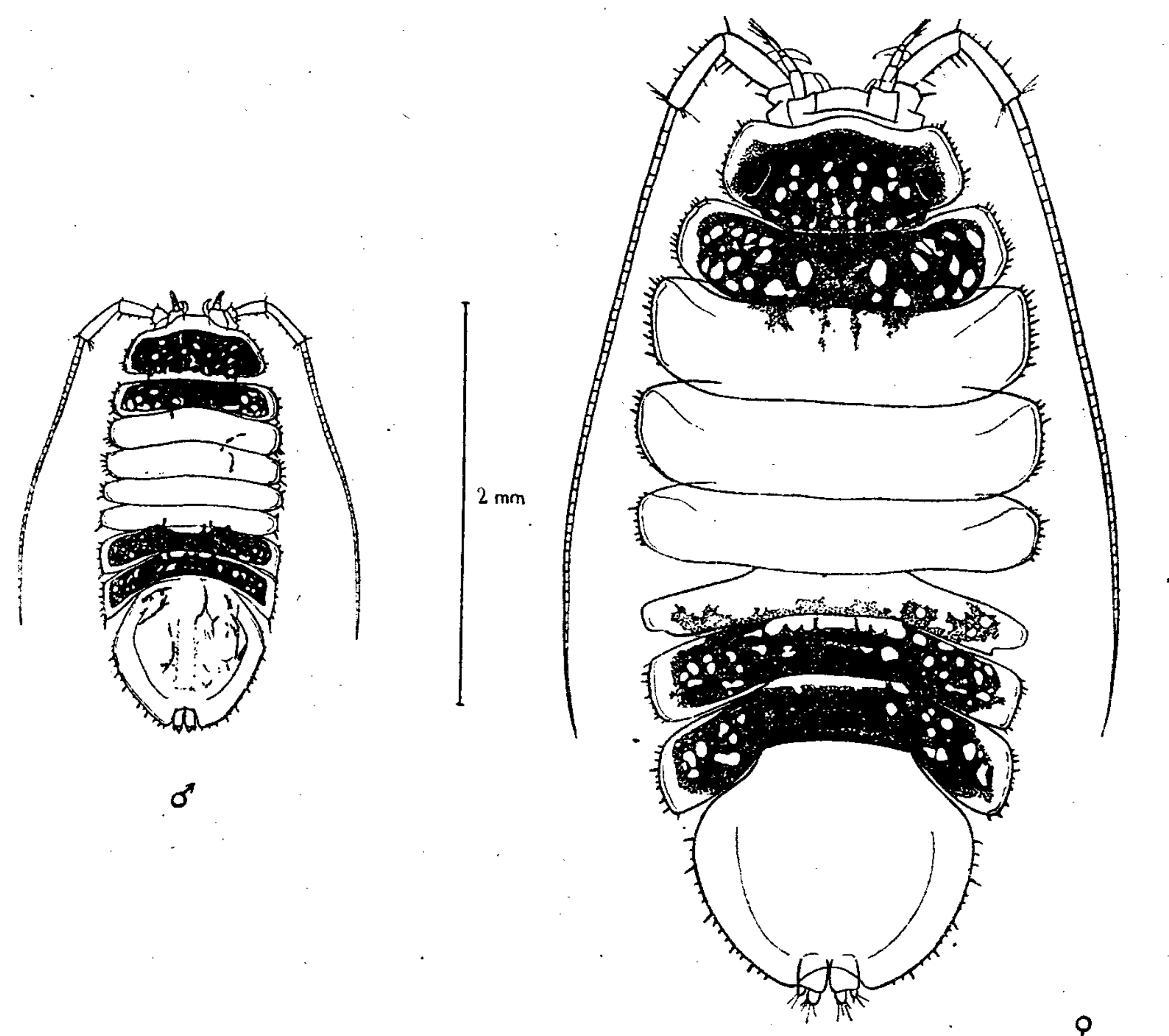
J'ai récolté à Pempoull, au pied du rocher Sainte-Anne, en mélange avec des individus clairs, une forme caractérisée par la présence de deux bandes noires, l'une antérieure, l'autre postérieure, le reste du corps étant presque complètement dépigmenté. Je l'appellerai forme *bifasciata*, ce qui a l'avantage de rappeler son aspect très particulier. Le type de coloration s'observe chez le mâle aussi bien que chez la femelle (*fig.* 1). La tête et le premier segment libre, mis à part les emplacements des insertions musculaires, sont d'un noir franc. Il en va de même pour les sixième et septième segments libres. Il ne reste au contraire

(¹) Séance du 3 novembre 1947.

(²) *Zool. Jahrb.* (*Abt. fur Syst. Ökologie und Geogr. der Tiere*), Bd. 71, H. 3, 1938, pp. 219-252.

que de très rares chromatophores sur les autres segments thoraciques et à la base de l'abdomen.

La coloration est manifeste dès les plus jeunes stades. Il s'agit donc ici d'une variation intéressant la répartition du pigment, un peu analogue à celle qu'a décrite Vandel chez *Armadillidium vulgare* (var. *Collingei*) (³).



Mutation à deux bandes de Pempoull (mâle et femelle adultes).

L'analyse génétique a été rendue longue par le fait que les *Jæra* femelles sont fécondées pour plusieurs pontes. Il m'a donc fallu isoler les jeunes et attendre leur maturité sexuelle pour effectuer les expériences de croisement. J'ai évidemment vérifié qu'il n'existait pas de parthénogenèse : les pontes de femelles vierges dégénèrent en quelques jours. La première ponte s'observe chez des *Jæra* âgées de deux mois environ; les pontes suivantes se succèdent à trois semaines d'intervalle. *Jæra marina* constitue, de ce fait, un assez bon matériel génétique.

Voici les résultats des croisements effectués jusqu'ici :

1° Les croisements : forme *bifasciata* × forme *bifasciata* fournissent deux types de descendance : A^1. Certaines femelles ne donnent que des jeunes à bandes : trois femelles ont donné naissance respectivement à 45, 34, 28 jeunes semblablement pigmentés : A^2. D'autres femelles donnent, en plus, des jeunes

---

(³) *Bull. Biol. France et Belgique*, 79, fasc. 2-3, 1945, pp. 50.

de couleur claire : j'ai obtenu au total 110 formes à bandes pour 39 claires, ce qui correspond sensiblement à un rapport 3/1.

Ces résultats s'expliquent aisément en supposant l'existence d'un gène autosomique B, dominant par rapport à un gène *b* qui correspond à la coloration pâle. Ce gène B existe à l'état homozygote chez l'un des parents au moins dans les croisements A^1. Dans les croisements A^2, les deux parents sont hétérozygotes.

2° Les exemplaires clairs de Pempoull sont des homozygotes récessifs *bb*. De même, les formes brunes de l'Aber sont pures, au point de vue de leurs caractères de pigmentation.

3° Dans les croisements entre la forme à bandes et la forme pâle, la dominance du gène se vérifie. Les résultats obtenus sont les suivants : 106 à bandes pour 97 pâles. On devait effectivement attendre une proportion 1:1, en supposant que le parent à bande était hétérozygote.

4° Les croisements de forme *bifasciata* et de la forme brune de l'Aber montrent que le gène B se comporte ici encore comme un facteur dominant.

PHYSIQUE BIOLOGIQUE. — *Technique de flottaison permettant la mise en place contrôlée de membranes plastiques sur les diaphragmes ou grilles de microscopes électroniques : adaptation à l'étude de cultures cellulaires.* Note (1) de M. **John Wirth**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

L'étude au microscope électronique de cellules tissulaires se heurte à deux difficultés principales. La première tient au fait que les cellules sont trop épaisses pour permettre le passage du faisceau électronique. Cette difficulté a été surmontée par l'emploi de cellules cultivées *in vitro*, technique qui permet d'obtenir des cellules largement étalées présentant des prolongements protoplasmiques d'une minceur extrême. La méthode a été décrite par Porter, Claude et Fullam (2). Ces auteurs ont publié des électronographies remarquables de fibroblastes et de cellules épithéliales.

Le choix d'une cellule appropriée à l'étude électronique de par son étalement et ses lésions pathologiques, et surtout sa mise en position au centre du diaphragme ou de la grille métallique présentent une seconde difficulté. Les auteurs précités ne spécifient pas par quels moyens ils choisissent et placent leurs cellules. Il est indispensable de n'avoir, dans le champ traversé par le faisceau électronique, que des prolongements protoplasmiques très minces, sinon l'échauffement de la préparation fait éclater la membrane plastique. Ceci est surtout vrai, lors de l'emploi de diaphragmes avec un orifice central unique de $0^{mm},02$ de diamètre. Le prolongement cellulaire choisi pour sa minceur et

(1) Séance du 29 septembre 1947.

(2) *J. Exp. Med.*, **81**, 1945, p. 233.

son état pathologique, doit être placé strictement au centre de l'ouverture, ce qui implique des manœuvres assez délicates.

Cette communication a pour but de décrire une technique qui nous a semblé utile. Son principe consiste à placer, par flottaison, la membrane plastique avec la culture cellulaire sur le support métallique sous contrôle microscopique, la surface liquide avec la membrane étant mobilisable (boîte de Petri sur platine mobile) et le support métallique restant fixe (solidaire du pied du microscope).

Les cultures sur membranes plastiques sont effectuées selon la technique de Porter, Claude et Fullam, ou selon celle que nous avons décrite ailleurs [membranes humides : Wirth et Barski ([3])].

Les membranes plastiques supportant les cultures cellulaires à étudier sont éloignées de leurs supports vitrés et amenées à flotter sur l'eau distillée remplissant un fond de boîte de Petri. La stabilité latérale de cette membrane est assurée par un petit anneau de verre paraffiné, lui-même maintenu en place à la surface du liquide par des gouttes de paraffine chaude étalées sur l'espace entre l'anneau et les bords de la boîte. Une surface de quelque 15 $^{cm^2}$, laissée libre, permet l'introduction d'une tige de verre coudée, solidaire de la partie immobile du microscope, et supportant à son extrémité proximale, le diaphragme métallique sous la membrane plastique flottant à la surface du liquide. La boîte de Petri est placée sur la platine mobile, ce qui permet un mouvement relatif de la membrane avec les cellules de culture, fixées à l'acide osmique, par rapport au diaphragme sous-jacent et immobile.

A ce moment, un examen soigneux de la culture, au faible puis au fort grossissement (Stiassnie n° 7), permet le choix de la cellule présentant les prolongements les mieux étalés et des lésions intéressantes. La cellule choisie, ou plutôt son prolongement protoplasmique, est amenée au centre de l'orifice du diaphragme sous-jacent, et une pipette Pasteur, recourbée en crochet, est placée dans l'eau de la boîte de Petri de façon à faire fonction de siphon. L'eau s'écoule lentement (2 à 3 minutes). La cellule choisie est maintenue au centre de l'orifice du diaphragme, en manœuvrant continuellement la platine mobile. La membrane plastique vient ainsi se poser doucement, sous contrôle microscopique, sur le diaphragme ou la grille métallique; le prolongement protoplasmique ou tout autre élément choisi se trouve à l'endroit voulu, c'est-à-dire au centre même de l'orifice du diaphragme ou de la grille destinée à être introduite ultérieurement dans le microscope électronique.

Lorsque le niveau du liquide s'est abaissé au-dessous du diaphragme, celui-ci est délicatement saisi avec des pinces fines et mis à sécher sur du papier filtre.

([3]) *Cultures épithéliales pures sur membranes plastiques, sans repiquage et sans plasma* [*Ann. Inst. Past.* (sous presse)].

Après dessiccation complète, des lavages à l'eau distillée sont encore possibles et la préparation peut être soumise à l'étude électronique.

Résumé. — Une méthode est décrite, qui permet la disposition élective de certaines cellules d'une culture tissulaire au centre des supports métalliques (diaphragme ou grille) destinés à l'étude électronographique.

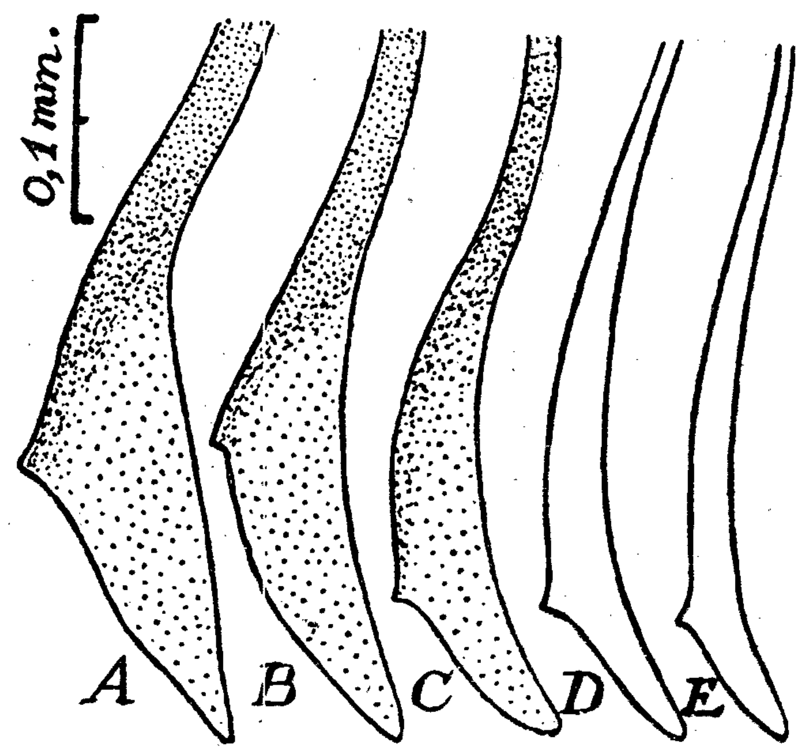
ENTOMOLOGIE BIOLOGIQUE. — *Facteurs écologiques conditionnant la répartition des larves de* Simulium (Dipt.). *Variations morphologiques spécifiques en rapport avec la vitesse du courant.* Note (¹) de M. **Paul Grenier**, présentée par M. Émile Roubaud.

Les espèces de Simuliides montrent des préférences assez nettes dans le choix de leurs gîtes larvaires. Parmi les formes *montagnardes*, les unes se rencontrent constamment dans les torrents tumultueux (*S. rupicolum, S. hirtipes, S. monticola*), les autres dans de petits cours d'eau moins agités (*S. latipes*). Si l'on considère les formes de *plaine*, certaines se tiennent le plus souvent dans des rivières (*S. equinum, S. salopiense*) alors que d'autres n'ont été trouvées jusqu'ici que dans des ruisseaux aux eaux claires (*S. costatum*). D'autres enfin, (*S. ornatum, S. angustitarsis*), d'exigences moins strictes, se rencontrent dans ces deux types de cours d'eau. De plus, certaines espèces, présentes au-dessus de 1500^m, peuvent exister en basse montagne tandis que des formes dites de *plaine* (*S. ornatum, S. aureum*), remontent parfois aux environs de 1000^m : *le type de biotope qu'elles choisissent alors reste le même quelle que soit l'altitude.*

Les mesures que j'ai pratiquées dans diverses stations, afin de déterminer l'influence des principaux facteurs écologiques sur cette répartition, se résument ainsi : 1° Les différentes espèces affectionnent des gîtes dont les teneurs en O_2 dissous sont voisines de la saturation. Les valeurs les plus élevées (9 cm^3 ‰ env.) s'observent en hiver. Elles diminuent au printemps et en été pour se tenir environ entre 6 et 8 cm^3 ‰ (85 à 98 % de la saturation). Pendant cette dernière période, les différences essentielles, caractérisant à cet égard les divers types de biotopes, consistent en oscillations diurnes-nocturnes de sens contraire. *a.* Les torrents, dépourvus de végétation, s'oxygènent au cours de la nuit et se désoxygènent pendant les heures chaudes (min. 5,94 cm^3 ‰; max. 6,7 cm^3 ‰). *b.* Dans les cours d'eau de vitesse modérée et à végétation abondante, l'oxygénation se fait pendant les heures ensoleillées et l'on note des sursaturations (105-110 %), dues à l'activité chlorophyllienne. *c.* Celles-ci, plus légères (100-103 %), s'observent aussi dans certains cours d'eau torrentiels où existe une flore aquatique (*Couze Pavin* à *Besse, P. de D.*), mais où la réoxygénation nocturne traduit la prédominance des facteurs physiques.

(¹) Séance du 27 octobre 1947.

Malgré ces différences, les taux minima (un peu inférieurs à 6 cm³ °/₀₀) sont les mêmes dans les divers biotopes étudiés et, pendant l'été, les valeurs les plus élevées (7 à 8 cm³ °/₀₀) sont celles des cours d'eau modérés, à végétation abondante; ainsi les espèces peuplant ces derniers ne semblent pas moins oxyphiles que celles qui occupent les biotopes de montagnes (types *a* et *c*); 2° Le rôle *direct* de la température n'apparaît nettement que pour quelques formes qui peuvent être considérées comme de strictes sténothermes d'eau froide : *S. hirtipes*, des cours d'eau de haute montagne (max. + 10°, var. diurnes-noct. 3 à 4°) et *S. costatum*, peuplant des ruisselets froids de basse altitude (max. + 13°, min. + 5 à 6°, var. diurnes-noct. faibles). Si l'on



Base des soies « prémandibulaires ».
A, *S. hirtipes*; B, *S. rupicolum*; C, *S. monticola*; D, *S. costatum*; E, *S. angustitarsis*,

compare les espèces d'altitude moyenne à celles des plaines, les préférences thermiques sont moins frappantes : les écarts annuels de température dans les biotopes caractéristiques sont sensiblement les mêmes (max. 20° env., min. un peu supérieurs à 0°), alors que les oscillations journalières sont, en été, d'amplitudes très différentes (10° env. en montagne, moins de 4° en plaine). 3° La vitesse du courant est le facteur dont les variations sont les plus nettes entre les divers types de biotopes : ainsi, les espèces de torrents se maintiennent dans des courants atteignant souvent 0,90 mètre/sec., alors que celles de basse altitude se rencontrent lorsque la vitesse varie entre 0,60 et 0,40 mètre/sec. Ces dernières d'ailleurs, lorsqu'elles se trouvent à des altitudes plus élevées, délaissent les eaux tumultueuses pour s'établir dans des ruisselets peu rapides, très comparables à leurs gîtes de plaine.

Les organes de rétention ne semblent pas présenter de particularités en rapport avec ces différences écologiques. Par contre, les *prémandibules*, modifiées en éventails permettant le filtrage de l'eau et la capture des détritus alimentaires, révèlent des variations adaptatives remarquables. Ces dispositifs,

ouverts presque en permanence face au courant, ont à subir toute la poussée de celui-ci. L'étude (*sur des larves au dernier stade et de taille sensiblement égale*) d'une vingtaine d'espèces françaises a montré que, chez les formes d'eau très agitées (*S. rupicolum, S. hirtipes, S. monticola, S. variegatum*), les soies constituant les branches de l'éventail étaient plus épaisses, mieux chitinisées et plus puissamment attachées que chez les espèces d'eau calme (*S. ornatum, latipes, aureum, angustitarsis, equinum, salopiense*, etc.) : pour les termes extrêmes la largeur, prise juste au-dessus de la zone d'attache, varie de 25 μ (*S. hirtipes*), à 10 μ (*S. costatum*), (*fig.* A et D). Par conséquent, en l'absence actuelle de données physiologiques concernant la part relative que jouent certains facteurs du milieu (O_2 dissous, température), difficiles à étudier du fait même de leurs influences réciproques, la rhéophilie paraît intervenir de façon importante, sinon prédominante, dans la répartition spécifique des larves et semble en rapport avec la puissance du dispositif de capture de la nourriture, donc la possibilité de fonctionnement de celui-ci.

La séance est levée à $16^h 10^m$.

L. B.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus pendant les séances d'octobre 1947.

Une aventure dans les mers australes. L'expédition du Commandant Baudin (1800-1803), par René Bouvier et Édouard Maynial. Paris, Mercure de France, 1947; 1 vol. 23^{cm} (présenté par M. A. Chevalier).

Cent ans d'image, par Roger Simonet. Paris, Calmann-Lévy, 1947; 1 vol. $23^{cm},5$.

Wireless Direction Finding, par R. Keen. London, Birmingham, Coventry, Manchester, Glascow, Wireless World, 1947; 1 vol. 20^{cm}.

Wiadomości stuzby hydrologicznej i meteorologicznej (Bulletin du service hydrologique et météorologique) Tome I. Fascicule I. Warszawa, Ministerstwo Komunikacji Panstwowy Institut Hydrologiczno-Meteorologiczny, 1947; 1 fasc. 30^{cm}.

Excerpta medica. Section IX. *Surgery.* Vol. 1, n° 1, 1947. Amsterdam, N. V. *Excerpta medica*; 1 fasc. 25^{cm}.

A first Report on the Scientific and Technical Aspects of the Problem of Control (*Prepared for Committee 2 of the Working Committee*), published by U. N. Atomic Energy Commission. Washington, National Committee on Atomic Information, s. d.; 1 fasc. $27^{cm},5$.

Endocrinology (*Experimental and Clinical*) *being Section* III *of Excerpta medica*, Vol. I, n° 1, Amsterdam, Medische Referaten Excerpta medica, 1947; 1 fasc. 25^{cm}.

Endogeneous Endocrinotherapy including the causal cure of cancer compendium, by Jules Samuels. Amsterdam, Holdert et C°, 1947; 1 vol. 25^{cm}.

Endogeneous Endocrinotherapy including the causal cure of cancer. Lecture and Demonstration held on sept. 6 th, 1947, by JULES SAMUELS. Amsterdam, 1947; 1 fasc. 24^{cm}.

Edouard W. Bogaert ancien recteur (1881-1946). Université libre de Bruxelles; 1 fasc. $26^{cm},6$.

Société commerciale des potasses d'Alsace. Carte schématique des P_H *du sol de la France* à l'échelle du 1000000^e dressée à l'occasion de la conférence internationale de pédologie méditerranéenne de mai 1947, par PH. JEAN-JACQUES DE FERRIÈRE; une carte $107^{cm} \times 102^{cm},5$ (présentée par M. A. Demolon).

Notice de la carte schématique des P^H *du sol de la France au* 1000000^e, par PH. JEAN-JACQUES FRANC DE FERRIÈRE. Mulhouse, 1947; 1 fasc. 21^{cm} (présenté par M. A. Demolon).

Separatdruck aus vol. 20, fasc. 3 (1947) *der Commentarii Mathematici Helvetici. Einteilung der sämtlichen Werke Leonhard Eulers,* von ANDREAS SPEISER. Basel; 1 fasc. 21^{cm}.

L'équipement hydro-électrique de la France. Le projet de Langogne. Une conception à l'échelle européenne, par MM. VINCENT frères. Neuilly-sur-Seine, s. d.; 1 fasc. polycopié 30^{cm}.

Le malattie creditarie. Istituzioni di credo-patologia generale, par PIETRO RONDONI. Milano, Casa editrice Ambrosiana, 1947; 1 vol. $24^{cm},5$.

Proteins and Enzymes in Cancer (*Researches carried out during the years* (1940-1946), par P. RONDONI, in *Enzymologia Acta biocatalytica.* Vol. XII, fasc. 2. Amsterdam, Uitgeverij Dr. W. Junk, 1947; 1 fasc. 27^{cm}.

Extrémité nord-orientale de la zone des avants-monts entre Devecey et Venise (*Doubs*). Feuille de *Besançon* au 50000^e, par ANTOINE BONTE. Extrait du *Bulletin de la carte géologique de France,* n° 216. Tome XLV (1944). Paris, Librairie Ch.-Béranger et Laval, Barneoud Frères, 1946; 1 fasc. 24^{cm}.

Observations sur les nodules à structure cone in-cone *de l'Arenig de la Montagne noire,* par ANTOINE BONTE. Planche VIII. Extrait du *Bulletin de la Société géologique de France,* 5^e série, tome XV, 1945; 1 fasc. 25^{cm}.

Sur les nodules à structure cone-in-cone *de l'Acadien de Langlade,* par ANTOINE BONTE. Extrait du *C.R.S. de la Société géologique de France,* 1946; 1 feuille 25^{cm}.

Note préliminaire sur le mode de gisement de la fluorine des Ardennes, par ANTOINE BONTE, J. RICOUR et A. VAYSSE. Extrait du *C.R.S. de la Société géologique de France,* 1946; 1 feuille 25^{cm}.

A propos de la limite du Bathonien et du Callovien, par ANTOINE BONTE. Extrait du *C.R.S. de la Société géologique de France,* 1945; 1 feuille 25^{cm}.

Nouvelles observations sur la structure du gisement de lignite du Grand Denis (*Doubs*), par ANTOINE BONTE et PIERRE MARIE. Extrait du *C.R.S. de la Société géologique de France,* 1944; 1 feuille 25^{cm}.

(*à suivre.*)

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 17 NOVEMBRE 1947.

PRÉSIDENCE DE M. Louis BLARINGHEM.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** s'exprime en ces termes :

Pierre-Augustin-Clément Dangeard est décédé le 10 novembre, après deux années de souffrances qui l'éloignaient de notre Compagnie; ses obsèques ont eu lieu à Bois-Colombes (Seine) le samedi 15 novembre. M. Roger Heim a rendu hommage au savant mycologue qui s'était retiré au village natal, à Ségrie-Vernie (Sarthe), entouré de petits-enfants orphelins dont il suivait les études, fier de ses fils M. Louis Dangeard, géologue, l'explorateur de la Mer Rouge (1938-39), et M. Pierre Dangeard, botaniste, collaborateur de son père. P.-A. Dangeard a pu suivre la publication et le succès du Traité de *Cytologie végétale et Cytologie générale* (1947) présenté à une de nos récentes séances, avec éloges mérités de M. Auguste Chevalier. L'examen de cet Ouvrage vous donnera sur l'œuvre et la vie de notre Confrère la meilleure démonstration des qualités de cet esprit original et généralisateur, de cet observateur appliqué à l'examen et à la description, par le trait, des plus infimes détails pour enrichir la Biologie générale de faits nouveaux et de découvertes capitales.

Fils de paysans instruits et modestes, il fut admis en 1878 à l'École Normale primaire d'Alençon; Instituteur à la Flèche (1883), il montra un tel attrait pour l'étude des plantes qu'il fut appelé la même année, à la Faculté des Sciences de Caen par Morière, comme préparateur et, en 1886, Chef des Travaux de Botanique. Infatigable, mais isolé et indépendant, il s'attacha à la récolte en courses avec ses élèves, sur les toits et les trottoirs, de ces êtres minuscules qui y fourmillent et put constater que c'était un monde bien vivant inexploré, surtout mal compris. Avec une ardeur juvénile, il fit des cultures séparées de ces êtres, les examina dans leur développement au jour le jour et bientôt, dès 1886, présenta la Thèse de Doctorat appréciée par la Faculté de

Paris sous le titre modeste *Recherches sur les Organismes inférieurs*, 100 pages et 4 planches; ce travail remarqué par Bornet lui valut l'attribution du Prix Desmazières, décerné par notre Académie en 1887.

C'est déjà une indication des qualités du savant et de son mérite. Discret et réservé dans ses relations, il avait l'audace de s'attacher à un sujet différant de l'ordinaire, sur lequel n'existait aucune documentation sérieuse dans les bibliothèques de province, et fut ainsi dispensé de savoir ce qui avait été dit avant lui; quelques voyages à Paris, à la Bibliothèque du Muséum, à celle de Bornet, l'aidèrent à comprendre l'importance et l'originalité de ses études, et il eut l'audace d'en préciser et d'en généraliser les résultats : la Systématique doit être contrôlée par la Physiologie. Parmi les êtres microscopiques, il y a des animaux, ceux qui englobent des particules solides, les digèrent, et expulsent les résidus; sont des végétaux, les êtres très voisins par le corps et le développement mais qui ne se nourrissent que d'aliments liquides ou gazeux. On les confondait dans le même genre, parfois dans la même espèce, alors que le bon sens et surtout la pratique de cultures prolongées au laboratoire en flacons éclairés, ou maintenus à l'obscurité durant des mois, montraient des différences fondamentales, non dans la forme, ni la mobilité, mais dans l'organisation interne cellulaire. Par cette voie détournée, P.-A. Dangeard devint le cytologiste précurseur dans l'exposé des caractères et de la classification des Chlamydomonas, des Volvox, des Euglènes, des Péridiniens qui sont des Algues; des Chytridinées, des Ancylistées qui sont des Champignons; des Rhizopodes et de Flagellés qui sont des animaux Protozoaires. Il donne en 1886 le résultat de ses cultures et commence en 1887 la publication à ses frais du périodique *Le Botaniste*, soit au cours de sa longue carrière 31 volumes de près de 300 pages, illustrés de milliers de dessins pris sur le vif, ou après fixation et colorations dont il précisa les techniques. P.-A. Dangeard y a défini les éléments essentiels de la cellule vivante, en montrant l'unité de plan malgré la diversité inouie des aspects et des étapes de la vie. Je citerai de cette œuvre colossale le dernier mémoire, publié en 1942, qui intéresse particulièrement la section de Médecine : *Recherches sur les modifications du protoplasme permettant la survie dans les cellules*, preuve de l'activité inlassable et du souci de généralisation de notre Confrère.

En 1911, les genres nouveaux et les espèces nouvelles décrites par lui dépassent le chiffre de 90 répartis en 16 familles, suite présentée en marquant les affinités et peut-être le plus bel exemple concret du principe admis de l'Évolution.

En 1891, P.-A. Dangeard quitte Caen pour Poitiers, où il est titularisé Professeur en 1894, après des découvertes sur la symbiose, sur le parasitisme et les substitutions nucléaires, sur la course des faisceaux vasculaires et les maladies des plantes dont le Poirier et le Pommier, toutes marquées d'originalité et de rare intelligence pratique.

L'essentiel reste toutefois la connaissance de la cellule et la préparation du matériel qui l'engagent dans une étude critique de la reproduction sexuelle des organismes inférieurs. A la suite de Bornet, son guide de la première heure, Léon Guignard, qui vient de mettre en évidence la double fécondation chez les plantes à fleurs et la séparation très nette à ce point de vue des Gymnospermes, proches parents des Cryptogames vasculaires, trouve dans l'œuvre de P.-A. Dangeard les éléments d'une généralisation des processus de la sexualité à tous les êtres vivants. En 1903 ce sont des *Considérations nouvelles sur la sexualité des Champignons supérieurs*, en 1904 des *Recherches sur le développement du périthèce des Ascomycètes*, 250 pages résumant les observations de vingt années. Sans discussion, ces ouvrages retiennent l'attention et lui font accorder le Grand prix des Scienes physiques de l'Institut de France. En 1908 il est nommé Chargé de Cours à la Faculté des Sciences de Paris avec un service très chargé au P. C. B.

A Paris il trouve les instruments, ou fait construire les instruments indispensables pour préciser la distinction entre les animaux et les végétaux; la chlorophylle trahit fidèlement, délicatement, les propriétés du protoplasme support. Avec une souche pure de *Chlorella vulgaris*, P.-A. Dangeard dissèque les qualités des radiations de la lumière solaire de l'extrême rouge à l'ultraviolet; il obtient des spectrogrammes de fixation avec les Oscillaires, des spectrogrammes de croissance avec les *Chlorella* immobiles, des spectrogrammes de décoloration, ou encore d'adaptation. Il en avait prévu la réalisation en étudiant les Bactériacées vertes (1890 et 1909), plus tard en découvrant un réseau bien délimité formant noyau dans le protoplasme d'une Bactérie sulfureuse de grande taille, rappelant le spirème des Euglènes.

Il avait, un des premiers, étudié la chlorophylle des animaux. Elle est due à des Algues microscopiques en symbiose; il a pu les isoler et les conserver en cultures pures (1889). De même un *Nucleophaga* vit à l'intérieur du noyau des Amibes, qui, sans noyau propre, continuent à absorber les Euglènes; *Arcella vulgaris* est un Rhizopode qui a deux noyaux par cellule. En bref toutes ces découvertes le préparent à la définition des propriétés du noyau, à en faire l'élément essentiel de l'activité cellulaire. R. Hertwig, Van Beneden avaient suggéré, le premier la diffusion momentanée nucléaire et sa reconstitution à partir des chromidies du protoplasme, le second appelait demi-noyaux les noyaux des anthérozoïdes et des oogones. Toutes ces suggestions s'évanouissent. P.-A. Dangeard démontre la continuité nucléaire constante dans l'individu, dans l'espèce; l'œuf a un noyau double transmis à l'embryon; il persiste double toute la vie chez les plantes vasculaires et les animaux supérieurs, ce qui rend compte mieux qu'aucune hypothèse, des phénomènes de la parthénogénèse et de l'hybridation. Les hybrides stériles marquent la séparation des espèces; les noyaux non équilibrés n'ont pas de descendance, les équilibrés maintiennent les espèces à leur rang.

C'est donc à P.-A. Dangeard qu'on doit la mise au point définitive de ce qui est actuellement l'essentiel des enseignements de la Cytologie et de la Génétique, et toutes ces notions étaient en prémisses dans la thèse de 1886. On le discute, on le copie sans référence en 1895, mais il est suivi par les chefs d'École, R. Hertwig, Pfluger, van Beneden, après les botanistes Strasburger et Guignard lorsqu'il donne en 1901, dans *Le Botaniste*, cette affirmation : « Les différences cellulaires ont, comme les individus, leur histoire dans l'évolution; il en est de même des fonctions. » Or différences de formes et de fonctions sont évidentes, précises chez les Organismes inférieurs; P.-A. Dangeard découvre chez le Flagellé *Polytoma* un filet chromatique s'insérant au cil actif et à l'autre bout à un petit nodule visible sur la surface nucléaire, c'est la copie du moteur des spermatozoïdes des Métazoaires. Il y a identité de mécanisme, mais les pièces ont des origines différentes.

Encouragé par Bornet, le spécialiste avec Thuret de la reproduction des Algues, par Guignard le spécialiste de la fécondation chez les plantes supérieures, P.-A. Dangeard, à Caen en 1896, ébauche la maîtresse œuvre par *La découverte de la sexualité chez les Champignons supérieurs*. On avait constaté, et c'était une révolution, l'identité de la fécondation chez les Algues, chez les animaux, chez les plantes vasculaires. L'énigme était complète pour les Agarics, les Helvelles et les Truffes, végétaux offrant un haut degré d'organisation, aboutissant à la diagnose de milliers d'espèces reconnues sans difficultés même par les amateurs et les gourmands. P.-A. Dangeard a découvert que la production de leurs spores y est *toujours* précédée de la fusion de deux noyaux; la différence essentielle est que cette fusion a lieu entre éléments nucléaires contenus dans une même cellule, asque ou baside. Cette fusion double le nombre des chromosomes, mais elle est suivie presque immédiatement d'une réduction chromatique semblable à celle qui a lieu lors de la fécondation ordinaire. La généralisation du principe de la sexualité ne fut pas admise sans discussion. On avait noté chez quelques rares Ascomycètes des différenciations préparatoires, des vestiges d'anthéridies et d'oogones, et il était difficile d'admettre l'existence de deux copulations successives; l'objection faite par le célèbre mycologue américain Harper subsiste jusqu'en 1910. P.-A. Dangeard réunit et cultive un grand nombre d'espèces, souvent rares et parfois nouvelles, les élève à l'état de pureté, les étudie dans tous leurs organes et justifie dans un Mémoire de 385 pages et de 90 planches cette conclusion : « Chez aucune espèce, il n'existe de première fécondation précédant celle qui a lieu dans l'asque ou dans la baside. » Les recherches de Brown (1909), de Winge (1911), de Vallory (1911) et de bien d'autres complètent la solution du problème.

Des souvenirs personnels me permettent de conclure. J'ai connu Pierre-Augustin Dangeard à la fin de 1906; il venait de remettre à la *Revue des idées* l'article sensationnel intitulé *L'évolution de la sexualité générale. Son importance dans le cycle du développement*. En 1908, j'avais en culture *Capsella Vignieri*,

un seul individu fascié à fruits à 4 valves qui se reproduit sans altérations durant 40 générations, même à Princeton University, par milliers d'exemplaires, et tous ces individus ont *le nombre moitié de chromosomes* de tous les *Capsella* connues. P.-A. Dangeard voulait en faire un genre nouveau de Crucifères.

Par cette plante, j'ai reçu les confidences de P.-A. Dangeard, puis celles de Léon Guignard, et la patience, la volonté ancrée dans tout mon travail de suivre durant des dizaines d'années des cultures délicates de plantes anormales, m'ont été communiquées par l'exemple et les succès de l'éminent Confrère dont nous conserverons fidèlement le souvenir.

ENTOMOLOGIE BIOLOGIQUE. — *Au sujet du Problème Acridien en France; différences raciales évolutives entre les peuplements du Criquet migrateur* (Locusta migratoria *L.*) *des Landes du Sud-Ouest et ceux de la Région méditerranéenne.* Note (¹) de M. **Émile Roubaud.**

Le déclenchement soudain de manifestations actives du grégarisme parmi les peuplements girondins du Criquet migrateur (*L. migratoria* L.) préocupe à bon droit les biologistes comme les agronomes. Les raisons d'une modification aussi redoutable dans le comportement d'un insecte, depuis longtemps considéré dans notre région du Sud-Ouest comme inapte aux invasions dévastatrices, posent des problèmes d'importance théorique et pratique manifeste.

L'explication du phénomène tient-elle exclusivement dans les conditions favorisantes créées par les incendies de forêts et les circonstances climatiques régionales de ces dernières années? Ou bien faut-il concevoir qu'il y a eu introduction sur notre sol landais de Criquets appartenant à quelque autre peuplement grégaire du Criquet migrateur? Cette dernière question a été récemment discutée avec compétence par B. Zolotarevsky (²); elle est complexe, en raison de l'existence en Europe de races diverses dont la distinction ne repose guère que sur les mensurations biométriques. On est, d'autre part, fort peu renseigné sur les races françaises autochtones de *L. migratoria*.

Je crois utile de verser au débat les observations ci-après qui élargissent le problème sur des bases biologiques auxquelles jusqu'ici il n'a guère été fait appel.

D'après mes recherches, il existe sur le territoire français au moins deux biotypes génétiquement distincts de *L. migratoria*, différenciables par leurs modalités évolutives respectives.

Le Criquet migrateur de la région girondine ou landaise, actuellement affecté de grégarisme, représente un *biotype à une seule génération annuelle*. J'ai effectué l'élevage expérimental de nombreux individus en partant d'oothèques

(¹) Séance du 10 novembre 1947.

(²) *Ann. des Epiphyties*, 12, 1946, pp. 101-104.

recueillis dans divers foyers de pullulation girondine [3]. Les criquets obtenus, appartenant ou non à la phase grégaire, ont toujours donné naissance à une descendance inhibée dans son évolution par une diapause embryonnaire. Même si les conditions thermiques et hygrométriques demeurent favorables, les œufs fraîchement pondus voient leur développement obligatoirement suspendu. L'obtention d'une deuxième génération n'est possible qu'après un séjour des oothèques à température basse, pendant quelques semaines. Le froid, naturel ou artificiel, agissant, comme pour les plantes ou graines affectées d'arrêt d'hiver, en tant que facteur de vernalisation, fait céder la diapause. Le développement des criquets est donc subordonné à l'action réactivante de l'athermobiose, dont j'ai maintes fois montré l'importance dans le départ printanier de la vie active chez les insectes hétérodynames [4]. Il en résulte que si les pontes viennent à être multipliées, à la suite de circonstances favorables, les effets de pullulation de l'insecte ne seront perceptibles que l'année suivante.

Ce type biologique du Criquet girondin, à diapause embryonnaire obligatoire, serait celui habituellement constaté en Europe [5]. Mais nous pouvons affirmer qu'il existe dans le Midi de la France un autre biotype de *L. migratoria*, dont les générations sont aptes à se multiplier sans arrêt à température favorable, ainsi qu'on l'observe, généralement, pour la sous-espèce *migratorioïdes* des régions chaudes d'Afrique et d'Asie. Ce Criquet méditerranéen, sans diapause embryonnaire ou autre, a été élevé à Alger par le regretté M. Volkonsky, en partant d'individus solitaires capturés, en septembre 1936, à Saint-Laurent-du-Var, près de Nice. L'auteur en avait obtenu, en 1938, six générations ininterrompues. Il avait noté qu'en élevage groupé ils réagissent dans le sens grégaire, en donnant des formes comparables aux *Locusta* d'Alger dans les mêmes conditions, ou aux *L. grégaires* observées par lui en Italie. Il s'agissait, pour lui, d'une même race méditerranéenne de *L. migratoria* [6].

Des individus de deuxième génération me furent aimablement remis par M. Volkonsky, en 1937. Pendant deux ans j'ai entretenu cette souche à Paris, où elle a offert les mêmes particularités biologiques et morphologiques qu'à Alger. Les mensurations effectuées sur sujets d'élevage groupé semblent exprimer des rapprochements avec la variété *rossica* Uv. et Zolot. de Russie centrale et de l'Ouest européen.

Le Criquet girondin, actuellement migrateur, ne peut être biologiquement et génotypiquement assimilé au précédent. Il se montre également distinct mor-

---

(3) Ces oothèques m'ont été transmises par MM. Couturier et G. Remaudière.

(4) E. Roubaud, *Bull. Biol. France-Belgique*, 56, 1922, p. 456 et trav. ult.

(5) Zolotarevsky, p. 111.

(6) Tous les renseignements concernant cette souche sont extraits d'une lettre adressée à moi-même par M. Volkonsky, le 6 juin 1936.

phologiquement des *L. migratoria migratoria* L. du sud-est de la Russie, dont certains représentants ont été parfois rencontrés sur notre sol ([7]). Il semble qu'il s'agisse d'une sous-espèce française autonome, bien que nous n'ayons sur son comportement aucun document expérimental antérieur à 1945.

Des apports exogènes sont-ils intervenus dans sa réactivation actuelle? Pour répondre à cette question il serait tout d'abord nécessaire d'être fixé sur les possibilités d'intercroisement des divers biotypes européens. En particulier, il y aurait lieu d'évaluer expérimentalement les effets d'une hybridation possible des migrateurs girondins, dont la pénétration en pointe avancée de vol en divers points de notre côte méditerranéenne a été déjà constatée ([8]), avec les représentants de la race locale.

Il y a lieu de redouter que l'hybridation n'introduise, parmi cette population endémique non grégaire, une réactivation métabolique dangereuse, si les effets d'hétérosis ne sont pas atténués par une amixie plus ou moins marquée ([9]). Nous manquons de documentation positive sur toutes ces importantes questions qui devront faire l'objet d'une expérimentation très attentive.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Action de quelques substances de croissance sur la germination et la productivité des grains du* Triticum vulgare. Note de M. **Paul Becquerel** et M^lle^ **Jacqueline Rousseau**.

Le trempage des graines du *Pisum sativum* dans des solutions d'acide phénylacétique et d'acide indol β-acétique à la dilution du 1/100000 nous ayant donné pour leur rendement des résultats satisfaisants ([1]), nous nous sommes proposé d'appliquer cette méthode aux grains des céréales. C'est sur le blé, variété Vilmorin 27, qu'ont porté nos premières recherches.

Avant nous, des résultats contradictoires avaient déjà été obtenus par plusieurs observateurs. Ainsi Thimann et Lane, Amlong, Eaton, Hoptkins, ont obtenu un accroissement de récolte variant de 13 à 25 %, alors que d'autres, notamment Grace, Tampleman, n'ont obtenu aucun effet favorable avec les mêmes substances aux mêmes doses et à n'importe quelle dose, *pas plus sur la germination que sur la croissance*. Il était donc nécessaire de reprendre ces essais pour être définitivement fixé.

([7]) J. d'Aguillar, L. Chopard et G. Remaudière, *Comptes rendus*, 224, 1947, pp. 161-163.

([8]) J. d'Aguillar, L. Chopard et G. Remaudière, *Bull. Soc. Entom. France*, 52, 1947, p. 8.

([9]) Je mentionnerai à ce sujet que dans une expérience, réalisée en 1938, des femelles de *L. migratoria migratorioides* d'Afrique tropicale, maintenues en permanence pendant 6 mois avec des ♂♂ du biotype méditerranéen français ci-dessus, n'ont pas donné de descendance.

([1]) *Comptes rendus*, 224, 1947, pp. 700-702.

Nous avons utilisé les acides phénylacétique et indol β-acétique au 1/1000, 1/10 000, 1/100 000 et le mélange de deux acides au 1/100 000. Pour nos essais de germination, nous avons stérilisé la surface des grains, puis nous les avons trempés dans les solutions précitées stérilisées pendant 24 heures ou 48 heures. Après les avoir égouttés et lavés à l'eau distillée, nous avons mis ces grains à germer sur du coton stérilisé, dans des boîtes de Pétri stérilisées, placées dans une étuve à température constante de 18° dans les mêmes conditions d'hydratation et de lumière. Des lots témoins placés de même permettaient de faire la comparaison.

Le tableau ci-dessous présente les résultats des grains germés au bout de 2, 4, 6, 8 jours, selon qu'ils ont été trempés 24 ou 48 heures dans les solutions précitées.

TABLEAU I.

Substances utilisées et dilution.	Pourcentage de grains germés au bout de 2 jours A.	B.	4 jours A.	B.	6 jours A.	B.	8 jours A.	B.
Acide phénylacétique 10^{-3}	0	0	0	0	6	0	15	0
» » 10^{-4}	0	0	14	0	32	9	71	16
» » 10^{-5}	42	17	84	31	95	45	99	69
Acide indol β-acétique 10^{-3}	0	0	0	0	0	0	17	0
» » 10^{-4}	4	0	22	0	37	7	70	19
» » 10^{-5}	42	17	83	30	94	44	98	67
Acide phénylacétique 10^{-5} + Acide indol β-acétique 10^{-5}	40	15	84	30	94	42	99	64
Eau distillée	86	78	97	85	100	98	100	98

A. Trempage 24 heures; B. Trempage 48 heures.

Au 1/1000 les acides phénylacétique et indol β-acétique, après 24 ou 48 heures de trempage, ont une action inhibitrice puisqu'ils arrêtent presque toute germination même au bout de huit jours.

Au 1/10 000 et 1/100 000 l'effet inhibiteur est moins intense; au bout de huit jours, il est presque nul pour un temps de trempage de 24 heures; pour un trempage de 48 heures, il est encore de 35 % après huit jours de germination.

Quant au mélange des acides phénylacétique et indol β-acétique au 1/100 000, les actions inhibitrices ne s'ajoutent pas. Elles sont à peu près les mêmes que pour chaque substance prise séparément.

Connaissant ces faits, nous avons recherché quel serait l'effet du trempage des grains 24 heures dans les diverses solutions sur le rendement de leur récolte.

Cinq lots comparables de grains de la même variété Vilmorin 27, trempés préalablement 24 heures dans les solutions précitées au 1/10 000 et au 1/100 000,

plus un lot témoin tremp déendant le même temps dans l'eau distillée, ont été semés en ligne le 24 mars. Pour chaque lot, il y avait deux lignes de 10^{m} de longueur, espacées de 15^{cm}; ceux-ci étaient séparés par 30^{cm}. La parcelle de terrain se trouvait dans les mêmes conditions de préparation et de fumure normales. La maturité a eu lieu très sensiblement à la même date pour les six lots le 24 juillet.

Le tableau ci-dessous nous donne les résultats obtenus pour chaque lot : nombre d'épis, composition des épis, longueur et poids moyen des tiges, poids des glumes et des grains, et par extrapolation, le rendement à l'hectare en quintaux. Il s'agit là, naturellement, de résultats en culture jardinée, mais ils n'en sont pas moins suggestifs.

TABLEAU II (Trempage 24 heures).

Substance et dilution.	Nombre d'épis.	Nombre moyen d'étages d'épillets.	Nombre moyen d'étages d'épillets stériles.	Nombre moyen de grains par épis.	Longueur moyenne des tiges (en cm).	Poids des tiges (en g).	Poids des glumes (en g).	Poids des grains (en g).	Rendement à l'hectare (en quint.).
Témoins	709	18	3,5	27,5	64	493	179	789	26,30
Acide phénylacétique 10^{-4}.	704	18	3,5	26	63,2	477	171	729	24,30
» phénylacétique 10^{-5}.	712	19	2,8	28,5	66	511	194	921	30,43
» indol β-acétique 10^{-4}.	697	17,5	3,5	23,5	62,5	469	163	703	23,43
» » 10^{-5}.	708	18,5	3	28	65,5	502	188	804	26,80
» » 10^{-5}. } » phényl-acétique 10^{-5}. }	711	18,5	3	28,5	66	508	192	903	30,10

Les acides phénylacétique et indol β-acétique au 1/10 000, qui ont un effet retardateur de 30 % en culture pure sur la germination après trempage pendant 24 heures, diminuent le rendement en grains seulement de 9,2 et 7,7 %. Aux doses du 1/100 000 les mêmes substances ont un effet favorable sur le rendement. L'acide phénylacétique augmente le rendement de 16 % pour le poids des grains et l'acide indol β-acétique moins actif seulement de 2 %. Les actions stimulatrices de ces deux substances ne s'ajoutent pas puisque le trempage dans le mélange n'a accru l'augmentation du rendement que de 14,7 %.

Ces substances, malgré les résultats contradictoires des expériences précitées, ont donc une réelle influence spécifique aux doses indiquées sur le développement des Blés et leur rendement, mais pas aussi grand qu'on ne le pensait.

Il s'agit de savoir, si, mélangées aux substances oligodynamiques, comme nous l'avons fait pour le Pois, elles n'assureraient pas une action plus efficace utilisable en agriculture, où tant de facteurs importants bien connus permettent déjà d'intensifier les rendements.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Jean Terrien. *La cellule photoélectrique.*

2° *Union internationale des sciences biologiques.* (*Procès-verbal de la IXe Assemblée générale,* 28 *juillet* 1947, *et Documents généraux.*)

ALGÈBRE. — *Sur les automorphismes des groupes classiques.* Note (1) de M. **Jean Dieudonné**, présentée par M. Élie Cartan.

1. *Automorphismes du groupe linéaire général* (2). — Soient K un corps commutatif ou non, Z son centre, K^* le groupe multiplicatif des éléments $\neq 0$ de K, C le groupe des commutateurs de K^*. Soit E un espace vectoriel à gauche de dimension n sur K; le groupe linéaire général $\mathbf{GL}_n(K)$ est par définition le groupe des automorphismes de l'espace vectoriel E. Un semi-automorphisme g de E sur lui-même est une application biunivoque de E sur E telle que l'on ait identiquement $g(x+y)=g(x)+g(y)$ et $g(\lambda x)=\lambda^\sigma g(x)$, où x et y sont quelconques dans E, λ quelconque dans K, et $\lambda\to\lambda^\sigma$ un automorphisme du corps K. Le dual E′ de E est un espace vectoriel à gauche de dimension n sur le corps opposé K^0 de K; si K^0 est isomorphe à K, une *semi-dualité* g de E sur E′ est une application biunivoque de E sur E′ telle que $g(x+y)=g(x)+g(y)$ et $g(\lambda x)=\lambda^\tau g(x)$, où $\lambda\to\lambda^\tau$ est un isomorphisme de K sur K^0.

Théorème 1. — *Si* K^0 *n'est pas isomorphe à* K, *tout automorphisme du groupe* $\mathbf{GL}_n(K)$ $(n\geqq 3)$ *est de la forme* $u\to\varphi[\Delta(u)]\,gug^{-1}$, *où* g *est un semi-automorphisme de* E, $\Delta(u)$ *le déterminant* (3) *de* u, *et* φ *une représentation du groupe* K^*/C *dans le groupe multiplicatif* Z^* *des éléments* $\neq 0$ *du centre* Z. *Si* K^0 *est isomorphe à* K, *il faut en outre ajouter aux automorphismes précédents ceux de la forme* $u\to\varphi[\Delta(u)]\,h^{-1}\check{u}h$, *où* h *est une semi-dualité de* E *sur* E′ *et* $\check{u}$ *l'automorphisme de* E′ *contragrédient de* u.

Si $\mathbf{SL}_n(K)$ désigne le groupe des commutateurs de $\mathbf{GL}_n(K)$ (groupe des automorphismes de E de déterminant unité), on peut montrer en outre que

---

(1) Séance du 3 novembre 1947.

(2) Pour les notions d'algèbre linéaire utilisées dans cette Note, voir N. Bourbaki, *Éléments de Mathématique; Algèbre*, chap. II (*Actual. Scient. et Ind.*, n° **1032**, Paris, Hermann, 1947).

(3) Pour la définition et les propriétés de ce déterminant, voir mon article : *Les déterminants sur un corps non commutatif* (*Bull. Soc. Math. Fr.*, **71**, 1943, pp. 27-45).

tout automorphisme de $\mathbf{SL}_n(K)$ est la restriction d'un automorphisme de $\mathbf{GL}_n(K)$.

Ces résultats sont des conséquences faciles de ceux de Schreier-van der Waerden [4] sur les automorphismes des groupes projectifs lorsque K est *commutatif*, mais les méthodes de ces auteurs ne peuvent s'étendre au cas où K est non commutatif.

2. *Automorphismes du groupe symplectique.* — Soient E un espace vectoriel de dimension paire $2m$ sur un corps commutatif quelconque K, $f(x, y)$ une forme bilinéaire alternée (c'est-à-dire telle que $f(x, x) = 0$ identiquement) de rang $2m$ sur E; le groupe symplectique $\mathbf{Sp}_{2m}(K)$ est le sous-groupe de $\mathbf{GL}_n(K)$ formé des automorphismes u tels que $f[u(x), u(y)] = f(x, y)$ identiquement.

THÉORÈME 2 [5]. — *Sauf lorsque $2m = 4$ et que K est un corps à 2 éléments, tout automorphisme du groupe symplectique $\mathbf{Sp}_{2m}(K)(m \geqq 1)$ est de la forme $u \rightarrow gug^{-1}$, où g est un semi-automorphisme de E relatif à un automorphisme σ de K et tel que l'on ait identiquement $f[g(x), g(y)] = \alpha[f(x, y)]^\sigma$, α étant une constante $\neq 0$.*

3. *Automorphismes du groupe orthogonal.* — Soit E un espace vectoriel de dimension n sur un corps commutatif K de caractéristique $\neq 2$, $f(x)$ une forme quadratique de rang n sur E; le groupe orthogonal $\mathbf{O}_n(K, f)$ est le sous-groupe de $\mathbf{GL}_n(K)$ formé des automorphismes u tels que $f[u(x)] = f(x)$ identiquement. Nous supposerons dans ce qui suit que $f(x)$ est *d'indice* $\nu \geqq 1$, c'est-à-dire [6] qu'il existe des vecteurs $x \neq 0$ tels que $f(x) = 0$.

THÉORÈME 3. — *Tout automorphisme du groupe orthogonal $\mathbf{O}_n(K, f)$ ($n \geqq 4$, $\nu \geqq 1$, K de caractéristique $\neq 2$) est de la forme $u \rightarrow \chi(u) gug^{-1}$, où χ est une représentation de $\mathbf{O}_n(K, f)$ dans le groupe multiplicatif des nombres 1 et −1, et g un semi-automorphisme de E relatif à un automorphisme σ de K et tel que l'on ait identiquement $f[g(x)] = \alpha[f(x)]^\sigma$, α étant une constante $\neq 0$.*

Pour $n \geqq 5$, on peut montrer en outre que tout automorphisme du groupe $\mathbf{O}_n^+(K, f)$ des transformations orthogonales de déterminant 1, est la restriction d'un automorphisme de $\mathbf{O}_n(K, f)$.

Dans une Note ultérieure, nous déterminerons les automorphismes du groupe unitaire.

---

(4) O. SCHREIER, B. L. VAN DER WAERDEN, *Die Automorphismen der projektiven Gruppen* (*Abh. math. Semin. Hamburg. Univ.*, 6, 1928, pp. 303-322).

(5) Ce théorème a été énoncé récemment sans démonstration par M. K. L. HUA, avec la restriction que la caractéristique de K n'est pas égale à 2 et que K a plus de 3 éléments (*Bull. Amer. Math. Soc.*, 53, 1947, p. 48).

(6) Voir mon mémoire : *Sur les groupes classiques* (*Publ. Inst. Math. Strasbourg*, 1945).

GÉOMÉTRIE ALGÉBRIQUE. — *Les problèmes d'intersection sur une variété de Grassmann.* Note [1] de M. **Léonce Lesieur**, présentée par M. Élie Cartan.

Les problèmes de géométrie énumérative concernant les S_p dans S_n sont abordés par Schubert [2] qui introduit les symboles $(a_0, a_1, \ldots, a_p)$ pour une variété fondamentale de dimension ρ

$$0 \leqq a_0 < a_1 < \ldots < a_p \leqq n; \qquad \rho = a_0 + a_1 + \ldots + a_p - \frac{1}{2}p(p+1).$$

Les calculs de Schubert, complétés par Pieri et Giambelli [3], ont reçu ensuite un fondement précis grâce aux méthodes topologiques [4], puis purement algébriques [5].

I. D'après ces calculs (voir, par exemple, W. D. Hodge, *intersection formulæ for a grassmannian variety*, pp. 63-64) il est facile de rattacher le symbole de Schubert $(a_0, a_1, \ldots, a_p)$ au symbole $\{\lambda_0, \lambda_1, \ldots, \lambda_p\}$ utilisé pour les *fonctions caractéristiques de Schur.* (Pour ces fonctions et leur multiplication se reporter à une Note antérieure : Lesieur, *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 321). Posons

$$(1) \qquad \begin{cases} \lambda_0 = n - p - a_0, \\ \lambda_1 = n - p - a_1 + 1, \\ \vdots \\ \lambda_k = n - p - a_k + k, \\ \vdots \\ \lambda_p = n - a_p, \end{cases}$$

on obtient une fonction $\{\lambda_0, \lambda_1, \ldots, \lambda_p\}$, où les entiers λ_i sont positifs ou nuls, et non croissants.

Inversement $\{\lambda_0, \lambda_1, \ldots, \lambda_p\}$ définit par les formules (1) une variété fondamentale de Schubert $(a_0, a_1, \ldots, a_p)$ quand $a_0 \geqq 0$, ou

$$(2) \qquad \lambda_0 \leqq n - p.$$

Ainsi, dans S_5 (1, 3, 5) est la condition pour un S_2 de rencontrer une droite suivant un point, et un S_3 passant par cette droite suivant une droite. D'après (1)

$$(1,3,5) \rightarrow \{2, 1, 0\}.$$

---

[1] Séance du 3 novembre 1947.

[2] *Anzahl bestimmungen für lineare Räume beliebiger dimension* (*Acta Matematica*, 1886, p. 87).

[3] *Memor. Real. Acc. di Torino*, 2e série, 52, 1902, p. 171.

[4] Voir par exemple C. Ehresmann, *Sur la topologie de certains espaces homogènes* (*Annals of Math.*, 2e série, 35, 1934, p. 420).

[5] Van der Waerden, *Math. Annalen*, 115, 1938, p. 634; W. D. Hodge, *Journ. of the London Math. Soc.*, 16, 1941, et 17, 1942, pp. 49-64.

Le produit de deux fonctions de Schur donne comme cas particulier l'intersection de deux variétés de Schubert : *Il faut retenir dans le produit les fonctions correspondant à des partitions de $p+1$ chiffres significatifs au plus, dont le premier d'après (2) ne doit pas dépasser $n-p$.*

Par exemple, dans le produit, indiqué dans la Note citée,

$$\{2,1\}\{2,1\}=\{4,2\}+\{4,1^2\}+\underline{\{3^2\}}+\underline{\{2^3\}}+\{3,1^3\}+\{2^2,1^2\}+2\,\underline{\{3,2,1\}},$$

il ne faut retenir que les éléments soulignés pour le calcul de l'intersection $(1, 3, 5)\times(1, 3, 5)$ dans S_5. On obtient donc

$$(1,3,5)\times(1,3,5)=(0,1,5)+(1,2,3)+2(0,2,4). \tag{3}$$

2° Traitons deux problèmes comme application

Problème 1. — *Trouver le nombre* X *des plans communs à trois hyperquadriques* V_7^2 *de l'espace* S_8.

On détermine d'abord les degrés (au sens de Schubert) de la variété V des plans d'une quadrique de S_8.

On trouve aisément

$$V=8(3,5,7).$$

Le nombre X vaut donc

$$X=8^3\,(3,5,7)^3.$$

Le calcul de $Y=(3, 5, 7)^3$ dans S_8 se simplifie par quelques considérations géométriques qui ramènent au calcul de $Y=(1,3,5)^3$ dans S_5. Or $(1, 3, 5)^2$ a été calculé dans (3).

Pour le multiplier par $(1,3,5)$, on applique le théorème sur les variétés fondamentales complémentaires associées (voir C. Ehresmann, *loc. cit.*, p. 429)

$$(0,1,5)\ (1,3,5)=0;\qquad (1,2,3)\ (1,3,5)=0;\qquad (0,2,4)\ (1,3,5)=1.$$

D'où

$$Y=2 \quad\text{et}\quad \boxed{X=2^{10}.}$$

On peut résoudre par la même méthode, les calculs étant plus longs, le

Problème 2. — *Trouver le nombre des* S_3 *communs à* 4 *hyperquadriques de l'espace* S_{13}.

Ce nombre est $2^{16}\times 69$.

Dans le problème 1 (ou 2) chaque solution permet une représentation ration nelle de l'intersection des 3 (ou 4) hyperquadriques [6].

---

(6) Voir L. Gauthier, *Rationalité de l'intersection de p hyperquadriques dans l'espace à r dimensions* (*Bull. de la Soc. Roy. de Liége*, **13**, 1944, pp. 191-195.)

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Remarques sur un théorème de M. Émile Borel.* Note de M. **Paul Lévy**, présentée par M. Émile Borel.

Dans une Note récente (¹), M. Émile Borel a énoncé le théorème suivant : *Tout nombre* X *positif et* $\leqq 1$ *admet une représentation et une seule de la forme*

$$X = \frac{1}{Q_1} + \frac{1}{Q_2} + \ldots + \frac{1}{Q_n} + \ldots, \tag{1}$$

où $Q_n = a_1 a_2 \ldots a_n$, *les* a_ν *formant une suite d'entiers non décroissants et* $\geqq 2$. *Si* X *est choisi au hasard, la probabilité étant uniformément répartie dans l'intervalle* (0, 1), *l'ordre de grandeur de* a_n *est comparable à celui de* e^n.

L'objet de la présente Note est de préciser ce dernier résultat. Nous poserons

$$X = X_0, \qquad X_{n-1} = \frac{1}{Q_n} + X_n = \frac{1}{Q_{n-1}(a_{n-1} - 1)\mu_n}, \qquad \lambda_n = \frac{a_n}{a_{n-1}}$$

(et, pour $n = 1$, $\lambda_1 = a_1$ et $\mu_1 = 1/X$). Si $a_1, a_2, \ldots, a_{n-1}$ sont connus, μ_n dépend d'une loi L indépendante de n et des valeurs connues de $a_1, a_2, \ldots, a_{n-1}$, loi pour laquelle

$$E[\log \mu] = 1, \qquad E[(\log \mu - 1)^2] = 1, \tag{2}$$

tandis que la loi L_n dont dépend λ_n ne dépend que de a_{n-1} et tend pour a_{n-1} infini vers la limite L. D'ailleurs, pour n infini, α_n est presque sûrement infini. Donc, asymptotiquement, et en première approximation, on peut représenter a_n et Q_n par les produits

$$\alpha_n = u_1 u_2 \ldots u_n, \qquad q_n = u_1^n u_2^{n-1} \ldots u_{n-1}^2 u_n, \tag{3}$$

les u_n étant des variables aléatoires dépendant de la loi L et indépendantes les unes des autres. Il résulte de (2) que

$$\alpha_n = e^{n + \xi_n \sqrt{n}}, \qquad q_n = e^{N + \eta_n \sqrt{N}} \qquad \left[N = \frac{n(n+1)}{2}\right], \tag{4}$$

ξ_n et η_n dépendant de lois qui tendent vers la loi normale réduite.

Ces résultats subsistent si l'on remplace α_n et q_n par a_n et Q_n. En effet, après avoir choisi $a_1, a_2, \ldots, a_{n-1}$, puis u_n, on peut, *pour la détermination de* a_n, confondre u_n et μ_n, c'est-à-dire prendre pour a_n le plus petit entier supérieur à $u_n(a_{n-1} - 1)$. La valeur exacte de μ_n restant indéterminée entre $(a_n - 1)/(a_{n-1} - 1)$ et $a_n/(a_{n-1} - 1)$, μ_{n+1} reste indéterminé entre 1 et l'infini. On a alors

$$\lambda_n > \left(1 - \frac{1}{a_{n-1}}\right) u_n \geqq \lambda_n - \frac{1}{a_{n-1}},$$

(¹) *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 773.

et comme, presque sûrement, a_{n-1} croît à peu près comme e^n, il est presque sûr que les facteurs λ_n/u_n tendent rapidement vers 1. Les rapports a_n/α_n et Q_n/q_n ont donc presque sûrement des limites finies (mais aléatoires, et ne pouvant pas être bornées supérieurement ni inférieurement par des nombres certains positifs et finis). On peut donc écrire

$$a_n = e^{n+\xi'_n\sqrt{n}}, \qquad Q_n = e^{N+\eta'_n\sqrt{N}},$$

ξ'_n et η'_n dépendant, comme ξ_n et η_n, de lois qui tendent vers la loi normale réduite. La correction nécessaire si l'on veut mettre en évidence, au lieu de n, les valeurs exactes des moments des deux premiers ordres de $\log a_n$ et $\log Q_n$, est négligeable si l'on veut seulement que ξ'_n et η'_n soient à la limite des variables normales réduites.

Elle est négligeable aussi pour l'application de la loi du logarithme itéré, sous la forme précise due à M. A. Kolmogoroff, qui permet toujours de reconnaître si une suite de nombres donnés croissants c_n est par rapport aux α_n (ou aux q_n) de la *classe supérieure*, ou de la *classe inférieure*, c'est-à-dire si la probabilité que le nombre des réalisations de $\alpha_n > c_n$ (ou $q_n > c_n$) soit infini est égale à zéro ou à un (toute valeur intermédiaire étant en tout cas exclue) (²). L'addition d'une constante étant sans importance pour l'application du théorème de A. Kolmogoroff à $\log \alpha_n$ et à $\log q_n$, ce théorème s'applique sans modification à $\log a_n$ et à $\log Q_n$. Rappelons seulement ce que donne la loi classique du logarithme itéré sous sa forme initiale maintenant classique : il est presque sûr que les valeurs limites extrêmes de $\xi'_n/\sqrt{2\log\log n}$ et de $\eta'_n/\sqrt{2\log\log n}$, pour n infini, sont -1 et $+1$.

Tous ces résultats subsistent sans modification si X est choisi au hasard dans n'importe quel intervalle intérieur à (0, 1), ou si l'on remplace la répartition uniforme de la probabilité par n'importe quelle répartition absolument continue, et dont la densité n'ait pas d'autres discontinuités que des sauts.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Viscosité sous pression rapidement variable.* Note de M. Fernand Charron, présentée par M. Henri Villat.

La viscosité des liquides, et en particulier des lubrifiants, augmente avec la pression. Cette propriété constitue une circonstance heureuse pour le graissage des machines subissant des efforts violents. En cas d'organes subissant des chocs, lorsque le film d'huile est soumis à des pressions considérables mais très fugitives, il y a lieu de rechercher si la viscosité du lubrifiant acquiert

(²) Comme on m'attribue généralement l'invention de cette terminologie (*classe supérieure, classe inférieure*), je crois devoir indiquer que, si je suis le premier à l'avoir utilisée dans une publication imprimée, elle m'avait été suggérée par une lettre de M. A. Kolmogoroff.

instantanément la valeur correspondant à la même pression appliquée en permanence. Ce problème, communiqué au Groupement des Recherches Aéronautiques (G. R. A.), excita son intérêt, et je l'étudiai avec son appui.

Il était avant tout nécessaire d'élaborer une méthode spéciale de mesure de la viscosité des liquides permettant d'opérer d'une manière quasi instantanée. Le *viscosimètre balistique* que nous avons institué dans ce but a fait l'objet d'une précédente Note aux *Comptes rendus* (1).

En résumé un pendule composé de longueur L, de masse M et de moment d'inertie I, écarté de la verticale d'un angle θ_0, retombe sur un piston chassant le liquide étudié à travers un tube capillaire de longueur l_0. L'angle de chute et le déplacement $\Delta\xi$ du piston permettent de calculer *a priori*, à partir des constantes de l'appareil, la viscosité du liquide.

Si la pression développée est faible, de telle sorte que la viscosité du liquide puisse être considérée comme constante, le calcul est simple et le résultat donné par la formule (5) de la Note précédente, que nous répétons ici

(5) $$\eta = \frac{r_0^4\sqrt{\mathrm{M}g\mathrm{LI}}\sin\frac{\theta_0}{2}}{4\pi \mathrm{R}_0^4\lambda l_0\Delta\xi}.$$

r_0 et R_0 sont les rayons du tube capillaire et du piston, λ est le bras de levier de la force appliquée.

Si la pression développée est telle que la viscosité ne puisse plus être considérée comme constante, il faut formuler une loi de viscosité en fonction de la pression supposée statiquement appliquée, afin de pouvoir établir le calcul. L'étude de divers lubrifiants nous a montré que l'on pouvait admettre une loi exponentielle telle que

(8) $$\eta = \eta_{\mathrm{H}} e^{a\left(\frac{p}{\mathrm{H}}-1\right)},$$

a étant une constante qui varie avec le liquide. Ainsi, pour la glycérine, on trouve à la température de 14°,5, $a = 0{,}0006145$; il en résulte que de 1 à 1000 atmosphères, la viscosité est multipliée approximativement par 2, tandis qu'une certaine huile d'aviation « Shell CY_2 » possède un coefficient $a = 0{,}00306$, et l'application de la même formule montre que la viscosité est multipliée par 20 dans le même intervalle. Or ceci est conforme à l'expérience, les mesures étant faites avec un viscosimètre genre Bridgmann.

Pendant le choc, la pression varie d'une valeur p_0 assez considérable, près du piston, à la pression atmosphérique à l'autre extrémité du tube capillaire, et la viscosité varie d'après la formule (8). La constance du débit à travers toutes

---

(1) *Comptes rendus*, 224, 1947, pp. 1472-1474.

les sections droites du tube exige la constance de l'expression $(1/\eta)\,(dp/dx)$:

$$\frac{1}{\eta}\frac{dp}{dx} = -c \tag{9}$$

Remplaçant p par sa valeur et intégrant, il vient

$$C = \frac{1 - e^{-a\frac{p_0 - H}{H}}}{\eta_H l_0}\,\frac{H}{a}. \tag{10}$$

L'exponentielle n'est autre que le rapport des viscosités sous les pressions H et p_0. En comparant l'expression (10) à l'expression (11)

$$C = -\frac{1}{\eta_H}\frac{dp}{dx} = \frac{1}{\eta_H}\frac{p_0 - H}{l_0}, \tag{11}$$

qui exprime le débit sous la pression p_0, dans le cas d'une viscosité η_H indépendante de la pression, on trouve que le rapport des débits, pour η variable et η constant, est donné par l'équation suivante

$$\text{Rapport des débits} = \frac{\left(1 - \frac{\eta_0}{\eta_H}\right)\log e}{\log\frac{\eta_0}{\eta_H}}. \tag{12}$$

Or, l'expérience faite avec la glycérine dont la viscosité varie peu avec la pression, donne un résultat conforme à cette formule, tandis que faite avec l'huile « Shell CY_2 », elle présente un désaccord considérable, le débit sous forte pression pouvant atteindre 3 fois la valeur correspondant à la formule (12).

On est tenté d'attribuer ce désaccord à une sorte de phénomène d'hystérésis en vertu duquel la viscosité n'atteindrait pas instantanément la valeur correspondant à la pression statiquement imposée.

Toutefois, les phénomènes subis pendant le choc sont trop compliqués pour que le calcul puisse en fournir exactement les conséquences, la compression du liquide doit élever sa température bien que l'effet de paroi soit considérable dans un tube métallique étroit. C'est ici que la comparaison entre les expériences faites avec la glycérine et l'huile « Shell CY_2 » est intéressante, car les phénomènes compliqués ci-dessus indiqués jouent pour la glycérine comme pour l'huile, et ceci légitime l'hypothèse énoncée plus haut. De nouvelles recherches sont cependant nécessaires pour confirmer en toute certitude cette propriété jusqu'ici inconnue des liquides visqueux.

MÉCANIQUE ONDULATOIRE. — *Sur le potentiel et la transformation de jauge en théorie du corpuscule de spin* 1. Note de M. **Bernard Kwal.**

1. C. Salvetti a montré récemment ([1]) que les équations du corpuscule de spin 1, du type vectoriel, équations qui peuvent s'écrire de la manière que voici :

$$(1)\qquad \left\{\begin{array}{ll} \varkappa E_{\mu\nu} = \partial_\mu A_\nu - \partial_\nu A_\mu, & \varkappa A_\nu = \partial^\mu E_{\mu\nu}, \\ \partial_{[\lambda} E_{\mu\nu]} = 0, & \partial^\nu A_\nu = 0, \\ (\nu, \mu, \lambda = 1, 2, 3, 4), & \end{array}\right.$$

admettent un potentiel à 5 composantes, un quadrivecteur P_ν et un scalaire P_5, tel que l'on a

$$(2)\qquad E_{\mu\nu} = \partial_\mu P_\nu - \partial_\nu P_\mu, \qquad A_\nu = \partial_\nu P_5 - \varkappa P_\nu,$$

avec invariance par rapport à la transformation de jauge

$$(3)\qquad P_\nu = P'_\nu + \partial_\nu \varphi, \qquad P_5 = P'_5 + \varkappa\varphi.$$

Les équations (1), (2) et (3) sont évidentes dans la notation à 5 dimensions ($a, b, c = 1, 2, 3, 4$ et 5), en posant

$$(4)\qquad \partial_5 = \varkappa.$$

Car alors les équations précédentes peuvent être réécrites comme suit :

$$(1')\qquad \partial^b E_{ab} = 0, \qquad \partial_{[a} E_{bc]} = 0,$$

$$(2')\qquad E_{ab} = \partial_a P_a - \partial_b P_b,$$

$$(3')\qquad P_a = P'_a + \partial_a \varphi.$$

2. Nous allons généraliser l'important résultat de M. Salvetti en nous plaçant en présence du champ électromagnétique ambiant $\mathcal{H}_{ab}$ ($\mathcal{H}_{ab} = 0$, lorsque a ou $b = 5$) dérivant d'un potentiel vecteur $\mathcal{A}_a$ ($\mathcal{A}_5 = 0$)

$$(5)\qquad \mathcal{H}_{\mu\nu} = \partial_\mu \mathcal{B}_\nu - \partial_\nu \mathcal{A}_\mu, \qquad \partial^\nu \mathcal{H}_{\mu\nu} = \mathcal{J}_\mu.$$

Nous allons introduire l'opérateur $D_a(D_\nu, D_5)$, tel que

$$(6)\qquad D_\nu = \partial_\nu + \varepsilon \mathcal{A}_\nu, \qquad D_5 = \partial_5 = \varkappa,$$

et nous admettrons que les équations cherchées doivent présenter l'invariance par rapport à la transformation de jauge suivante

$$(7)\qquad P_a = P'_a + D_a \varphi.$$

Partant de la constatation que les relations $E_{ab} = D_a P_b - D_b P_a$ ne sont pas

([1]) *Il Nuovo Cimento*, 3, 1946, p. 257.

invariantes par rapport à cette transformation, nous sommes amené à poser

$$E_{ab} = D_a P_b - D_b P_a - \frac{\varepsilon}{\varkappa} \mathcal{H}_{ab} P_5, \tag{8}$$

c'est-à-dire

$$E_{\mu\nu} = D_\mu P_\nu - D_\nu P_\mu - \frac{\varepsilon}{\varkappa} \mathcal{H}_{\mu\nu} P_5, \tag{8a}$$

$$E_{\mu 5} = D_\mu P_5 - \varkappa P_\mu. \tag{8b}$$

Les équations de Lagrange-Euler pour la fonction de Lagrange $1/2\, E_{ab} \overline{E}^{ab}$ sont alors

$$D^a E_{ab} = \varepsilon \mathcal{H}_{\nu\mu} \overline{E}^{\nu\mu} \tag{9}$$

(c'est-à-dire $D^\nu E_{\nu\mu} = 0$ et $D^\nu E_{\nu 5} = \varepsilon \mathcal{H}_{\nu\mu} E^{\nu\mu}$).

Des équations (7) on tire les relations suivantes

$$\begin{aligned} D_{[c} E_{ab]} &= \varepsilon \mathcal{H}_{[ab} P_{c]} - \frac{\varepsilon}{\varkappa} \mathcal{H}_{[ab} D_{c]} P_5 \\ &= \varepsilon \mathcal{H}_{[ab} P_{c]} - \frac{\varepsilon}{\varkappa} \mathcal{H}_{[ab} \{ \varkappa P_{c]} + E_{c],5} \}, \end{aligned}$$

d'où finalement

$$D_{[c} E_{ab]} = -\frac{\varepsilon}{\varkappa} \mathcal{H}_{[ab} E_{c]5}. \tag{10}$$

On vérifie sans peine que les équations (9) et (10) ne sont autres que celles de M. Proca. Elles admettent donc aussi un potentiel à 5 composantes et sont invariantes par rapport à la transformation de jauge (7).

3. En l'absence du champ ambiant, nous pouvons introduire aussi un potentiel tenseur $P_{[abc]}$ à 10 composantes (tenseur antisymétrique $P_{[\mu\nu]}$ + pseudo-quadrivecteur $P_{[\mu\nu\lambda]}$), en posant

$$E_{ab} = \partial^c P_{abc}, \tag{11}$$

c'est-à-dire

$$E_{\mu\nu} = \varkappa P_{\mu\nu} + \partial^\lambda P_{\mu\nu\lambda}, \qquad A_\mu = E_{\mu 5} = \partial^\lambda P_{\mu\lambda}; \tag{11'}$$

avec une transformation de jauge faisant intervenir un pseudo-quadrivecteur et un pseudo-scalaire réunis dans la notation $\varphi_{[abcd]}$

$$P_{abc} = P'_{abc} + \partial^d \varphi_{[abcd]}, \tag{12}$$

c'est-à-dire

$$P_{\mu\nu} = P'_{\mu\nu} + \partial^\lambda \varphi_{\mu\nu\lambda}, \qquad P_{\mu\nu\lambda} = P'_{\mu\nu\lambda} + \varkappa \varphi_{\mu\nu\lambda} + \partial^\rho \varphi_{\mu\nu\lambda\rho}. \tag{12'}$$

Donc, dans le cas général, les équations d'onde du corpuscule, dit vectoriel, de spin 1, admettent un potentiel à 15 composantes qui se répartissent entre un scalaire, un quadrivecteur, un tenseur antisymétrique et un pseudo-quadrivecteur.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur la relation entre le moment magnétique et le moment de rotation des masses sphériques.* Note ([1]) de M. **Antonio Giao.**

Nous avons montré récemment que la formule

$$\mathrm{M}_{\text{magn.}} = \beta \frac{\sqrt{\mathrm{K}}}{2c} \mathrm{M}_{\text{rot.}}, \tag{1}$$

qui relie, d'après M. Blackett, le moment magnétique ($\mathrm{M}_{\text{magn.}}$) au moment de rotation ($\mathrm{M}_{\text{rot.}}$) des astres quasi sphériques (K constante newtonienne de la gravitation, c vitesse de la lumière, β coefficient numérique voisin de $1/4$), peut être déduite sans difficulté de notre théorie unitaire ([2]). On démontre en effet par cette théorie la formule

$$\mathrm{M}_{\text{magn.}} = 2 \frac{\xi}{\chi} \frac{(\mathfrak{M}_0)_e}{ec} \mathrm{K}\mathrm{M}_{\text{rot.}} \tag{2}$$

$(e, \mathfrak{M}_0)_e$ charge et masse propre de l'électron, χ courbure moyenne de l'espace-temps, ξ constante. La constante ξ intervient d'une manière essentielle dans la déduction de (2) par la relation

$$\omega_{4i} = \xi g_{4i} \qquad (i = 1, 2, 3) \tag{3}$$

entre les coefficients métriques externes ω_{4i} et internes g_{4i} (pour $i = 1, 2, 3$). Il est donc important d'approfondir la signification de (3) en montrant *qu'elle est valable pour tout champ métrique satisfaisant à la condition* $\omega_{ik} = \chi g_{ik} + \varpi_{ik}$ (*les* ϖ_{ik} *étant de petites quantités pour* $i = k = 1, 2, 3, 4$) *et produit par des masses* (*électrisées ou non*) *contenues dans un domaine* D *de forme quelconque où les phénomènes électromagnétiques peuvent être considérés comme quasi statiques.*

Par suite de ces conditions, l'équation

$$\Delta_\omega \Phi_{mn} = \beta_n \Phi_{mn} \qquad (m = 1, 2, 3, 4;\ n = 1, 2, \ldots, \infty),$$

des fonctions et valeurs propres (non arbitraires) de l'opérateur laplacien Δ_ω, attaché à la métrique externe de l'espace-temps, se réduit dans le domaine D à

$$\Delta \Phi_{mn} = \chi \left(\beta_n + \frac{\varpi^{44}}{c^2 \tau_n^2} \right) \Phi_{mn}, \tag{4}$$

Δ étant le laplacien de la métrique interne et τ_n les *vies moyennes*, dans le domaine D, des particules élémentaires (électrons et microélectrons) qui correspondent aux différentes valeurs de l'indice n. Pour l'électron ($n = 1$), il faut poser $\tau_1 \cong \infty$, de sorte que l'on a dans D

$$\Delta \Phi_{m1} = \chi \beta_1 \Phi_{m1}.$$

([1]) Séance du 3 novembre 1947.

([2]) *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 1813.

En comparant cette équation à l'équation

$$\Delta\Psi_{mn} = \alpha_n \Psi_{mn} \qquad (m = 1, 2, 3, 4;\ n = 1, 2, \ldots, \infty)$$

des fonctions et valeurs propres (non arbitraires) du laplacien de la métrique interne appliquée à l'électron ($n = 1$), on trouve immédiatement

(5) $$\Phi_{m1} = \lambda \Psi_{m1} \qquad (\lambda = \text{const.}); \qquad \alpha_1 = \chi\beta_1 \qquad (\text{dans D}),$$

puisqu'on aurait nécessairement $\lambda = 1$ si l'Univers satisfaisait partout à $\omega_{ik} = \chi g_{ik} (i, k = 1, 2, 3, 4)$. La relation (5), introduite dans les expressions de la Mécanique ondulatoire relativiste pour les tenseurs matériels (T_{ik}) et électrique (U_{ik}) en fonction respectivement des Ψ_{mn}, $\partial\Psi_{mn}/\partial x_i$ et des Φ_{mn}, $\partial\Phi_{mn}/\partial x_i$ ([3]), conduit au résultat

(6) $$U_{ik} = \pm \lambda^2 \sqrt{\chi}\, T_{ik},$$

en faisant abstraction de la petite contribution des microélectrons aux T_{ik} et U_{ik} et en tenant compte des équations de propagation du premier ordre ([3]) des fonctions Ψ_{mn} et Φ_{mn}.

Les équations générales de notre théorie pour le champ métrique interne et externe ([3]) s'écrivent comme suit pour des champs quasi statiques

(7 *a*, *b*) $$\Delta_3 g_{ik} = 2\varkappa_g\left(T_{ik} - \frac{1}{2} g_{ik} T\right), \qquad \Delta_3 \omega_{ik} 2\chi\varkappa_\omega\left(U_{ik} - \frac{1}{2}\omega_{ik} U\right).$$

Par suite de (6) on a donc dans le domaine D

(8) $$\Delta_3 \omega_{ik} = \pm 2\lambda^2 \chi \sqrt{\chi}\, \varkappa_\omega \left(T_{ik} - \frac{1}{2} g_{ik} T\right).$$

Il y a donc *deux* solutions pour la métrique externe compatibles avec le *même* tenseur d'énergie-quantité de mouvement *matériel*. Appliquons (8 *a*) et (9) aux composantes g_{4i} et $\omega_{4i} (i = 1, 2, 3)$. Ces coefficients s'annulent en tout point infiniment éloigné de D, de sorte que la comparaison de (8 *a*) et de (9) montre que l'on a nécessairement la condition (3) avec

(9) $$\xi = \pm \lambda^2 \chi \sqrt{\chi} \frac{\varkappa_\omega}{\varkappa_g}.$$

Comme l'espace-temps réel est un espace-temps de De Sitter légèrement déformé, dont le rayon est P_0 et pour lequel on a $(\varkappa_\omega/\varkappa_g) = \sqrt{P_0}$ et $\chi = (1/P_0)$, la relation (9) peut s'écrire comme suit

(10) $$\xi = \pm \lambda^2 \chi.$$

On déduit facilement (2) de (3) quand le domaine D est une sphère en rota-

([3]) *Portugaliæ Physica*, II, 1, 1946, pp. 1-98; *Portugaliæ Mathematica*, V, 3, 1946, pp. 145-192.

tion constante (²). Si la vitesse de rotation et la densité de masse n'ont pas une symétrie sphérique dans D, il faut d'ailleurs écrire $\gamma M_{rot.}$ au lieu de $M_{rot.}$ dans (2), γ étant un coefficient numérique. Par suite de (10) on a donc

$$M_{magn.} = \pm 2\lambda^2 \frac{(m_0)_c K}{ec} \gamma M_{rot.}. \qquad (11)$$

Les formules (2) ou (11) sont valables quelle que soit la charge électrique de la sphère, *même lorsque cette charge est nulle. Une masse en rotation, par le simple fait qu'elle est en rotation, engendre donc un champ magnétique.*

MAGNÉTISME. — *Le mouvement des particules dans les champs magnétiques uniformes et non uniformes.* Note [1] de M. **Félix Ehrenhaft.**

J'ai déjà signalé le mouvement des particules dans le champ magnétique uniforme : j'ai été conduit à admettre que les particules qui se déplacent dans un tel champ et dont le mouvement s'inverse quand on inverse le champ, portent un excès de charge magnétique Nord ou Sud [2].

Le champ magnétique uniforme peut être produit par un aimant permanent (*fig.* 1, A et B) ou par des bobines de Helmholtz [3]. Les expériences ont été faites avec un éclairage continu (magnétophotophorèse) ou discontinu. On constate qu'il y a aussi des charges dans l'obscurité. Les charges mesurées sur des particules de chrome (rayons de 10^{-3} à 10^{-5} cm) sont de l'ordre de 10^{-9} à 10^{-14} u. m. s. (*fig.* 1, C).

Le mouvement dans le champ magnétique uniforme ne s'observe pas seulement sur des substances ferro- ou paramagnétiques; il est possible de renverser plus de 50 fois des particules de substances diamagnétiques, par exemple de cuivre, en renversant le champ.

L'homogénéité du champ est prouvée par deux expériences :

a. La vitesse des particules résultant de l'action du champ magnétique uniforme est la même dans les deux sens si l'on renverse le champ;

b. La vitesse des particules est la même en différents points de l'entrefer.

Étudions maintenant le mouvement des particules dans le champ magnétique non uniforme. Nous produisons un tel champ en inclinant les deux pièces polaires l'une par rapport à l'autre et nous observons des particules de fer (diamètre env. 3.10^{-5} cm) en éclairage oblique. En négligeant la chute elles se meuvent dans la direction du trait 1 — 1 (*fig.* 2). Le mouvement vers la région où les lignes de force sont les plus denses disparaît, si nous rendons notre champ uni-

---

(¹) Séance du 25 août 1947.

(²) *Comptes rendus*, **222**, 1946, pp. 1110 et 1346; **224**, 1947, p. 1151.

(³) *Journal Franklin Inst.*, **233**, **235**, 1942; *Ann. de Physique*, **13**, 1940, p. 151; voir aussi p. 163.

forme en mettant les deux pièces polaires parallèles l'une à l'autre. Quelques particules montrent un mouvement très prononcé vers l'un ou l'autre pôle de l'aimant. Si l'on renverse plusieurs fois le champ magnétique on obtient une ligne en zig-zag (*fig.* 2, trait 2 — 2).

Dans un champ magnétique fortement inhomogène, produit par un aimant

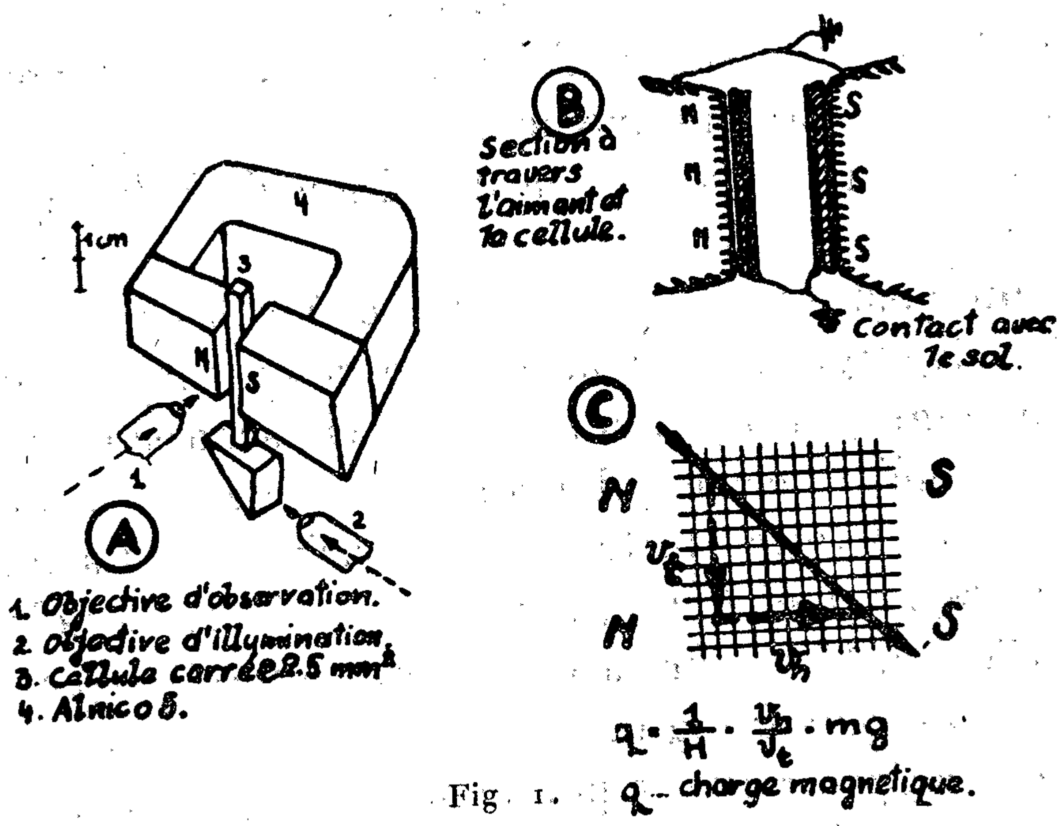


Fig. 1.

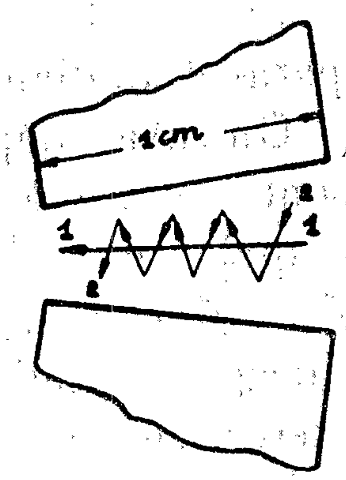


Fig. 2.
Del.

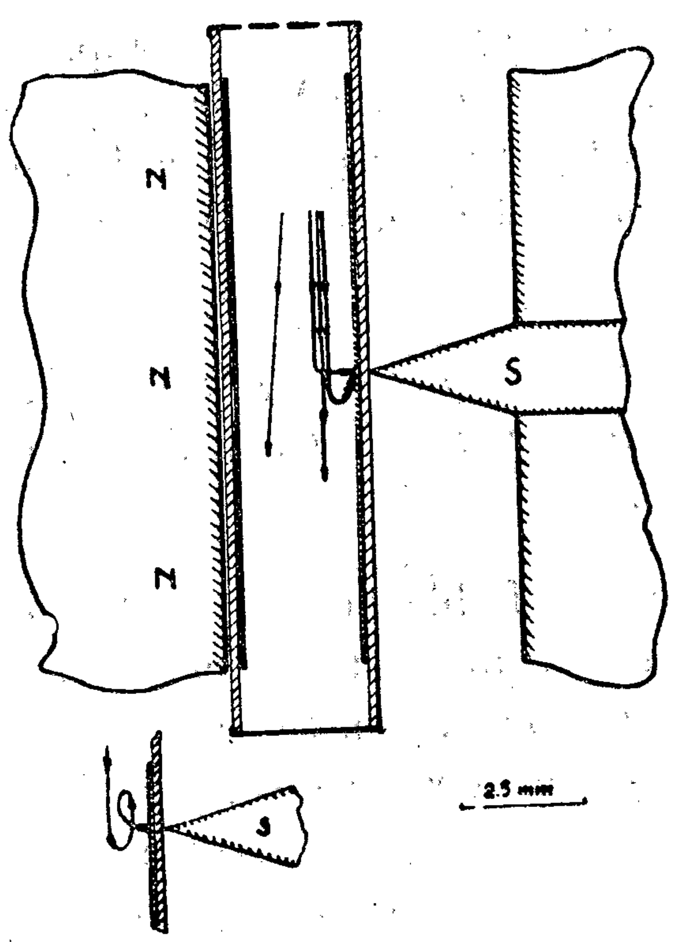


Fig. 3.

Alnico (60000 Maxwells), j'ai placé une cuve allongée en verre de section carrée (*fig.* 3). La fumée de cigare très fine que j'introduis dans la cellule tombe d'un mouvement lent et régulier, en air calme. Nous laissons tomber dans cette cuve des particules de diverses substances. La figure 3 nous montre schématiquement les trajets des particules. Comme l'ont constaté l'auteur

et Richard Whitall, il y a des particules paramagnétiques qui se dirigent vers la plaque et des particules diamagnétiques qui se meuvent vers la pointe. Par exemple, des particules d'antimoine, zinc, cuivre électrolytique (pur au 99,5 % et contenant moins de 0,001 % de fer), de carbone et d'argent vont vers la pointe. Des particules de chrome et de manganèse se meuvent vers la plaque. Quelques particules de Cr et de Mn tombaient en allant directement vers la pointe, pendant que d'autres tombaient d'abord plus bas que la pointe pour finalement se jeter sur elle en décrivant une hélice.

Ces constatations sont en contradiction avec la définition de Faraday du para- et du diamagnétisme ([4]).

On savait déjà que dans un champ magnétique inhomogène les particules sont soumises à la force : $f_m = K/2v \operatorname{grad} H^2$. Nous sommes maintenant obligés d'après nos expériences, de compléter cette formule de la façon suivante : $f_m = qH + K/2v \operatorname{grad} H^2$, le premier terme qH étant la force exercée sur la charge magnétique q et le second terme la force de polarisation. La force exercée sur la charge se renverse avec le champ, tandis que la force de polarisation ne se renverse pas. C'est la force sur la charge qui, en se renversant avec le champ, produit le chemin en zig-zag (expérience 1) et qui oblige les particules diamagnétiques à se mouvoir vers la pointe ou les paramagnétiques vers la plaque, à condition que cette force surpasse la force de polarisation.

Du mouvement des particules dans les champs magnétiques uniformes et non uniformes résulte la nécessité d'introduire le principe des charges magnétiques isolées unipolaires. C'est l'interprétation de l'auteur, mais peut-être que quelqu'un en trouvera une meilleure.

OPTIQUE. — *Sur l'apparition de la raie de résonance* λ 2537 Å *dans le spectre de diffusion de la vapeur de mercure*. Note de M. **Robert Lennuier**, présentée par M. Jean Cabannes.

La vapeur de mercure sous faible pression, éclairée par un rayonnement de longueurs d'onde voisines mais distinctes de celles des composantes hyperfines de la raie de résonance λ 2537 Å, émet par diffusion, à côté des fréquences Rayleigh, les fréquences hyperfines de résonance elles-mêmes. Dans les expériences qui nous ont permis de mettre en évidence ce phénomène ([1]), les fréquences primaires ν_1 se trouvaient toujours réparties symétriquement de part et d'autre de chaque centre hyperfin ν_0 de résonance et l'on ne pouvait pas distinguer l'effet des fréquences $\nu_1 < \nu_0$ de celui des fréquences $\nu_1 > \nu_0$. Les

([4]) *Comptes rendus*, **222**, 1946, pp. 1100 et 1346; **224**, 1947, p. 1151; *Journal de Physique*, **8**, 1947, p. 5 S.

([1]) *Thèse*, Paris, 1947 et *Annales de Physique*, **2**, 1947, p. 293.

expériences qui vont être décrites permettent de séparer ces deux cas d'excitation.

Le rayonnement λ 2537 Å d'un arc à mercure à basse pression est dédoublé par un champ magnétique longitudinal, en deux composantes polarisées circulairement en sens inverses et dont les centres de gravité sont séparés par 0,12 Å. Une cuve C_1 de 10^{cm} de long, remplie de vapeur de mercure sous une pression convenable (de $0^{mm},035$ à $0^{mm},30$), absorbe totalement les ailes des deux raies sur toute l'étendue du domaine spectral occupé par l'ensemble des cinq composantes hyperfines de résonance. Un analyseur circulaire est placé à la suite de la cuve sur le trajet du faisceau primaire; il permet suivant le sens du champ magnétique de ne conserver que l'une ou l'autre des deux composantes obtenues par effet Zeeman, et par conséquent de réaliser séparément l'excitation par $\nu_1 < \nu_0$ ou par $\nu_1 > \nu_0$.

La vapeur diffusante ainsi excitée est à une pression de $0^{mm},001$ et l'épaisseur de la couche renversante que doit traverser le rayonnement diffusé avant d'être recueilli est réduite à 2^{mm}; la transmission des raies hyperfines de résonance éventuellement émises par diffusion est alors de 50 % environ. Par un jeu de miroirs deux faisceaux identiques sont découpés dans le rayonnement diffusé à angle droit du faisceau primaire et envoyés sur un objectif photographique ouvert à F/2. Chaque faisceau traverse au préalable une cuve de 5^{cm} de long remplie de vapeur de mercure; lorsque chacune de ces deux cuves est à la température de 18° C., les fréquences Rayleigh du rayonnement diffusé sont transmises sans affaiblissement, mais les fréquences de résonance, si elles figurent dans ce rayonnement, sont entièrement absorbées; les images données à travers l'appareil photographique par les deux faisceaux sont alors identiques. Si, l'une des cuves étant maintenue à 18° C., la goutte de mercure que contient l'autre est plongée dans l'air liquide, les fréquences de résonance, arrêtées par la première, sont transmises par la seconde : l'image correspondante est plus intense si ces fréquences figurent dans le rayonnement diffusé. Cette méthode différentielle est très sûre et assez sensible.

Résultats. — Plusieurs séries de mesures ont été effectuées pour des températures de la goutte de mercure de la cuve primaire C_1 s'échelonnant de 78° à 102° C. (Dans ce dernier cas la durée de la pose photographique est de 48 heures.) Chaque série de mesures a montré que le faisceau secondaire transmis par la cuve à — 180° est 1,6 fois plus intense que le faisceau secondaire transmis par cette même cuve à + 18°, et cela aussi bien dans l'excitation par $\nu_1 < \nu_0$ que par $\nu_1 > \nu_0$. *La vapeur de mercure diffuse donc au moins autant d'énergie sur les fréquences de résonance que sur les fréquences Rayleigh et l'excitation de ces fréquences de résonance se produit sous l'influence de fréquences primaires qui leur sont inférieures aussi bien que de fréquences primaires qui leur sont supérieures.*

Nous avons analysé à l'interféromètre de Perot et Fabry la structure spec-

trale du rayonnement *primaire*. Lorsque C_1 est à 102° C., la bande spectrale totalement absorbée par cette cuve a une largeur de 64 mÅ; la plus petite distance spectrale entre les fréquences primaires du groupe $\nu_1 < \nu_0$ et le centre hyperfin de résonance le plus proche est alors 12 mÅ, soit 12 fois la demi-largeur Döppler des raies de résonance. Pendant la durée moyenne de passage d'un train d'ondes du rayonnement primaire (10^{-7} seconde), un atome sur 1000 subit un choc de la part d'un autre atome de mercure dans la vapeur diffusante. Le libre parcours moyen d'un atome de mercure dans cette vapeur est de l'ordre de 2^{cm}. L'excitation des fréquences de résonance ne peut donc être attribuée ni à l'élargissement spectral des raies de résonance par effet Döppler d'agitation thermique (²), ni à leur élargissement par chocs. Nous pensons qu'il s'agit du processus quantique indiqué dans notre Thèse (§ IV).

SPECTROSCOPIE. — *Étude par spectrographie Raman de la fréquence de vibration caractéristique des cétones.* Note (¹) de M. **Claude Cherrier**, présentée par M. Jean Cabannes.

Nous avons photographié les spectres de diffusion Raman de quelques cétones pour y étudier plus spécialement la position de la raie relative à la liaison C = O, position que nous avons essayé de déterminer le plus exactement possible en photographiant plusieurs spectres avec des temps de pose très différents et avec plusieurs filtres pour chaque substance et en faisant une extrapolation précise entre les deux raies de l'arc au fer de référence encadrant la raie C = O. Nous avons étudié jusqu'à présent 35 cétones, dont 16 ne l'avaient pas encore été. Pour les cétones déjà étudiées, nous ne donnerons que la position de la raie C = O déterminée par nous et qui souvent diffère de quelques nombres d'ondes de celle trouvée dans la littérature. Les résultats en italiques se rapportent à des spectres inédits ou à un résultat différent de celui trouvé dans la littérature.

Position de la raie C = O : acétone 1707; méthyléthylcétone 1711; diéthylcétone 1711; dipropylcétone *1714*; dibutylcétone *1716*; méthylpropylcétone *1713*; méthylbutylcétone 1716; méthyl-*n*-amylcétone *1716*; méthylhexylcétone *1716*; méthylnonylcétone *1716*; 4-méthyl-3-octanone *1710*; méthylheptenone *1716*; cyclopentylcyclohexylcétone *1706*; éthylcyclopentylcétone *1710*; éthylpropylcétone *1713*; acétylacétone 1595; cyclohexanone *1707*; orthométhylcyclohexanone *1710*; métaméthylcyclohexanone *1706*; paraméthylcyclohexanone *1712*; orthoéthylcyclohexanone *1712*; orthodiéthylcyclohexanone *1709*; orthoisopropylcyclohexanone *1709*; orthocyclohexylcyclohexanone *1708*;

(²) *Loc. cit.*, p. 274.

(¹) Séance du 13 octobre 1947.

orthocyclohexylidènecyclohexanone *1666* (F) et 1712 (f) (?) (raie éthylénique à 1617; orthopropylcyclohexanone *1713*; orthoallylcyclohexanone *1713*; cyclopentanone 1729-1747; orthocyclopentylidènecyclopentanone *1707*; orthocyclopentylcyclopentanone *1727*; orthoisopropylcyclopentanone *1727*; orthoisopropylidènecyclopentanone *1706*; éthylphénylcétone *1687*; monoallylacétophénone *1686*; éthylbenzylcétone *1715*. Nous indiquons quelques spectres parmi ceux qui sont inédits :

1. *Orthocyclohexylcyclohexanone* — 235 (f); 255 (m); 323 (ff); 361 (m); 417 (aF); 434 (m); 503 (ff); 547 (m); 578 (m); 601 (f); 654 (f); 734 (f); 748 (aF); 783 (aF); 844 (aF); 885 (ff); 927 (ff); 952 (m); 990 (aF); 1012 (m); 1030 (m); 1065 (m); 1150 (m); 1178 (m); 1233 (aF); 1267 (m); 1312 (F); 1343 (aF); 1443 (F); 1708 (F); 2786 (F); 2854 (FF); 2884 (F); 2977 (m); 2932 (FFF); 2952 (FF);

2. *Orthocyclohexylidènecyclohexanone*. — 255 (f); 275 (f); 386 (m); 423 (m); 451 (ff); 486 (ff); 520 (f); 540 (f); 565 (F); 603 (f); 608 (ff); 644 (f); 726 (ff); 743 (f); 832 (m); 854 (m); 880 (ff); 922 (m); 954 (m); 980 (m); 1023 (aF); 1043 (F); 1068 (m); 1096 (m); 1180 (m); 1200 (m); 1238 (f); 1258 (f); 1270 (m); 1316 (F); 1432 (FF); 1447 (FF); 1617 (F); 1666 (F); 1712 (f) (?); 2787 (F); 2869 (FF); 2905 (F); 2938 (FFF);

3. *Orthoéthylcyclohexanone*. — 360 (m); 405 (f); 421 (F); 493 (ff); 516 (ff); 567 (F); 600 (m); 628 (ff); 666 (F); 710 (F); 731 (f); 762 (ff); 824 (aF); 850 (m); 964 (m); 970 (aF); 1023 (ff); 1053 (f); 1068 (f); 1086 (m); 1133 (m); 1205 (f); 1256 (aF); 1284 (f); 1307 (F); 1318 (F); 1343 (f); 1373 (f); 1423 (F); 1447 (FF); 1712 (F); 2854 (F); 2867 (FF); 2939 (FFF); 2946 (F); 2962 (FF);

4. *Orthodiéthylcyclohexanone*. — 477 (f); 556 (aF); 627 (m); 643 (F); 891 (m); 912 (m); 971 (m); 1002 (f); 1053 (f); 1068 (m); 1137 (m); 1224 (m); 1264 (aF); 1317 (F); 1336 (f); 1380 (aF); 1422 (F); 1455 (F); 1709 (F); 2787 (F); 2811 (m); 2866 (F); 2934 (F); 2946 (F); 2959 (F);

5. *Orthopropylcyclohexanone*. — 290 (m); 400 (F); 425 (aF); 453 (m); 482 (m); 511 (f); 540 (f); 569 (ff); 618 (m); 664 (m); 710 (m); 747 (ff); 817 (f); 864 (f); 891 (ff); 945 (m); 963 (m); 994 (f); 1025 (fff); 1041 (aF); 1069 (m); 1092 (f); 1120 (f); 1133 (ff); 1170 (fff); 1185 (ff); 1252 (F); 1290 (f); 1315 (F); 1340 (f); 1373 (m); 1432 (F); 1450 (FF); 1713 (F); 2787 (F); 2875 (FF); 2903 (F); 2940 (F); 2970 (F).

6. *Orthoallylcyclohexanone*. — 290 (fff); 422 (m); 450 (f); 512 (ff); 550 (m); 567 (m); 629 (ff); 662 (f); 727 (aF); 763 (aF); 817 (f); 868 (aF); 914 (ff); 955 (m); 980 (ff); 994 (m); 1022 (m); 1068 (ff); 1103 (ff); 1170 (fff); 1205 (f); 1235 (m); 1258 (aF); 1296 (aF); 1316 (aF); 1384 (ff); 1405 (ff); 1423 (F); 1452 (F); 1642 (FF); 1713 (F) 2793 (aF); 2873 (F); 2905 (F); 2965 (F); 3062 (F).

7. *Orthoisopropylcyclopentanone*. — 657 (m); 830 (m); 854 (f) 889 (m);

909 (aF); 926 (aF); 958 (aF); 992 (F); 1021 (F); 1049 (m); 1078 (f); 1114 (f); 1152 (m); 1174 (m); 1207 (f); 1225 (f); 1280 (m); 1314 (m); 1346 (m); 1375 (f); 1411 (F); 1448 (F); 1473 (F); 1727 (F); 2882 (F); 2902 (F); 2942 (F); 2975 (F).

8. *Orthoisopropylidénecyclopentanone.* — 357 (m); 383 (aF); 460 (aF); 555 (m); 579 (aF); 680 (F); 824 (f); 882 (aF); 918 (F); 956 (f); 1002 (aF); 1030 (m); 1124 (m); 1146 (f); 1178 (f); 1189 (f); 1226 (m); 1264 (m); 1313 (m); 1375 (FF); 1412 (F); 1438 (FF); 1492 (f); 1630 (FF); 1706 (F); 2786 (m); 2904 (FF); 2961 (F); 2988 (FF).

9. *Orthocyclopentylidénecyclopentanone.* — 305 (m); 319 (m); 335 (fff); 358 (ff); 387 (F); 428 (ff); 449 (m); 517 (fff); 544 (aF); 582 (m); 650 (m); 670 (ff); 690 (m); 716 (F); 798 (aF; 816 (F); 893 (F); 913 (m); 993 (ff); 1017 (aF); 1149 (m); 1222 (m); 1268 (f); 1302 (fff); 1415 (F); 1452 (aF); 1638 (FFF); 1707 (F); 2784 (F); 2870 (FF); 2913 (FF); 2950 (F); 2980 (FF); 3045 (F).

10. *Éthylcyclopentylcétone.* — 212 (ff); 229 (ff); 248 (f); 360 (ff); 424 (f); 450 (ff); 482 (ff); 563 (aF); 640 (f); 664 (f); 707 (f); 838 (f); 890 (m); 970 (m); 1031 (m); 1043 (f); 1093 (m); 1171 (f); 1216 (m); 1289 (f); 1251 (m); 1310 (f); 1367 (m); 1391 (m); 1414 (F); 1432 (F); 1447 (F); 1457 (FF); 1710 (F); 2776 (FF); 2910 (F); 2940 (FF); 2976 (F).

PHOSPHORESCENCE. — *Phosphorescence de la vapeur de sodium dans une atmosphère de gaz rare.* Note [1] de M^{lle} **Rose Aynard** et M. **Louis Herman**, présentée par M. Jean Cabannes.

Depuis la découverte du sodium atmosphérique, on a fait plusieurs hypothèses sur l'origine de cet élément. Quant à son excitation, divers mécanismes ont été proposés :

1° MM. Cabannes, Dufay et Gauzit, ayant admis que le sodium atmosphérique provenait des poussières cosmiques, ont suggéré une excitation de la raie jaune par un phénomène de luminescence analogue à celui qui accompagne les météorites;

2° M. Déjardin admet que le sodium atmosphérique est d'origine marine et pense que le chlorure de sodium est excité par choc avec une molécule métastable $N_2(A^3\Sigma, v=0)$. Cette réaction s'accorde mal avec le principe de résonance.

3° M. Chapman avait proposé la réaction : $NaO + O \rightarrow Na(^2P) + O_2$.

4° M. Bates, dans un article récent, discute l'importance de la recombinaison ionique : $Na^+ + e \rightarrow Na + h\nu$.

On sait qu'il est possible de se rapprocher, au laboratoire, des conditions

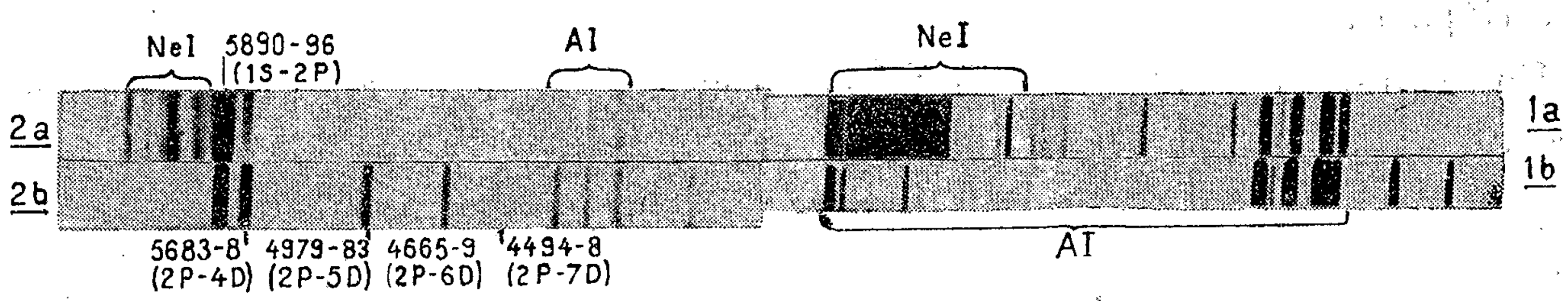
[1] Séance du 3 novembre 1947.

d'excitation dans la haute atmosphère en diminuant l'effet destructeur des chocs par dilution dans un gaz rare. Puisque, dans l'émission du ciel nocturne, il s'agit de la luminescence de la vapeur de sodium en l'absence du rayonnement excitateur du Soleil, on doit, avant tout, faire appel à des réactions de phosphorescence. L'objet de la présente Note est de rappeler les principales caractéristiques de la phosphorescence de la vapeur de sodium.

Le tube à décharge utilisé est une petite lampe commerciale à vapeur de sodium. Elle contient en outre du néon et des traces d'argon et elle nécessite, pour l'amorçage, un chauffage préliminaire qui vaporise le sodium. Cette lampe a été étudiée dans les conditions suivantes :

1° *à froid: a.* en décharge directe en haute fréquence, *b:* en phosphorescence ;
2° *à chaud: a.* en décharge directe en courant continu, *b*: en phosphorence.

La figure 1*a* montre que dans la décharge à froid le spectre se compose des



raies de NeI et AI. Le spectre du néon est alors beaucoup plus intense que le spectre de l'argon. La figure 1*b* permet de constater, en phosphorescence, l'extinction pratiquement totale de NeI : le spectre de AI est seul présent, en accord avec le fait que l'énergie d'ionisation de NeI (21,5 eV) est plus grande que celle de AI (15,7 eV).

Pour opérer à chaud, on branche la lampe sur le courant alternatif 110 volts. Au bout d'une minute environ le régime est atteint; le spectre est reproduit sur la figure 2*a*. Le doublet jaune y est extrêmement intense et la série 2P-nD est réprésentée par le doublet 5683-88 Å. On trouve, en outre, les raies les plus intenses de NeI.

La vapeur chauffée ne présente pas de phosphorescence de longue durée; la lampe paraît s'éteindre au moment de la coupure du courant continu. Pour observer la phosphorescence, nous l'avons donc placée près de l'enroulement de sortie du phosphoroscope à impulsions de P. Lejay. Après avoir chauffé la lampe pendant 30 secondes environ, on coupe le courant continu et l'on photographie le spectre de phosphorescence pendant 20 secondes. Comme l'intensité de phosphorescence décroît rapidement avec le temps, il est nécessaire de recommencer l'opération un certain nombre de fois pour obtenir le spectre de la figure 2 *b*. On y voit un développement remarquable des termes élevés de la série diffuse 2P-*n*D. On reconnaît les doublets 5683-88 Å (2P-4D); 4979-83 (2P-5D), 4665-69 (2P-6D); 4494-98 (2P-7D). En dehors de ces raies, on ne trouve pas d'autres raies de NaI. En particulier, on n'observe aucune composante de la série 2P-*n*P, mais on constate la présence de raies de AI dans le violet.

Conclusions. — Les résultats ci-dessus permettent des prévisions sur la présence éventuelle de certaines raies du sodium dans le rayonnement de la haute atmosphère. Nous devons distinguer deux possibilités d'excitation :

1° *Excitation par chocs électroniques.* — Dans ce cas, il est probable qu'aucune raie à niveau supérieur élevé n'est émise dans le ciel nocturne avec une intensité appréciable. En tout cas, les raies D auraient une intensité considérable par rapport aux raies à niveaux plus élevés.

2° *Excitation par recombinaison ionique.* — L'examen du schéma des niveaux montre, qu'en dehors des raies observées par nous, on doit s'attendre à trouver le doublet infrarouge 8183-95 Å (2P-3D), qui est le premier terme de la série 2P-*n*D. Son intensité doit être du même ordre que celle de la raie D. On doit trouver également la raie 3427 Å (IS-3D). Pour la même raison, on doit s'attendre à la présence de la raie 3303 Å (IS-3P), suggérée déjà par M. Déjardin

En résumé, il serait intéressant de reprendre l'étude des raies de NaI dans le ciel nocturne.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Les caustiques des trajectoires dans la méthode des trochoïdes.* Note [1] de M. **Jean Thibaud**, présentée par M. Maurice de Broglie.

L'utilisation de trajectoires trochoïdales, particulièrement adaptée à la recherche des rayonnements particulaires faibles [2] (elle a permis l'étude des électrons positifs en 1933 et celle de la radiation d'annihilation de ces corpuscules en 1934), est susceptible d'une importante extension applicable aussi bien dans le cas des ions (spectrographie de masse), que dans celui des particules légères (β).

Considérons d'abord un spectre corpusculaire β continu, limité à un ρH maximum : en champ magnétique H inhomogène toutes les valeurs de rayon ρ d'enroulement seront représentées jusqu'à un maximum ρ_m, et l'on peut attendre une distribution électronique continue dans l'intérieur du faisceau de trochoïdes, de section droite $4\overline{\rho_m}$, qui précessionne à la périphérie de l'entrefer. En réalité ce faisceau peut ne pas être homogène : deux éléments de périodicité nous obligent à prévoir une structure, une subdivision en régions de plus forte concentration β, c'est-à-dire à envisager de véritables enveloppes (caustiques)

---

(1) Séance du 13 octobre 1947.

(2) J. Thibaud, *Comptes rendus*, **197**, 1933, pp. 447, 915, 1629; **198**, 1934, p. 562; *Phys. Review*, **45**, 1934, p. 781.

des trajectoires individuelles lorqu'on décrira le spectre des valeurs de ρH.

a. Dans le plan équatorial du champ, l'élément de périodicité est fourni par la répétition régulière du pas de précession δ [fonction du gradient relatif ([2])]; d'où les enveloppes 1, 2, 3, ..., lieux de concentration des électrons lorsque ρH évolue de zéro à sa valeur maxima (*fig.* 1). Un film tendu radialement en

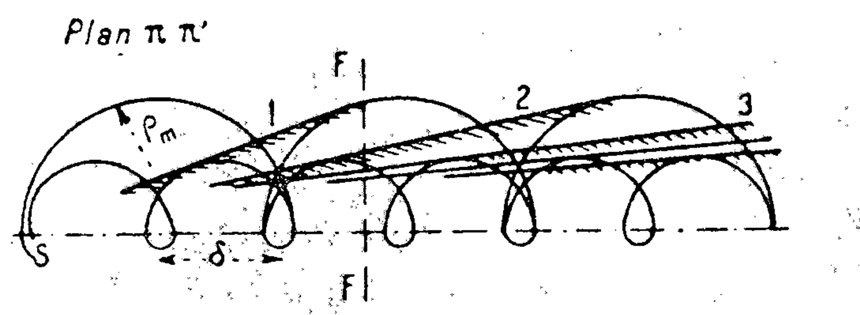


Fig. 1.

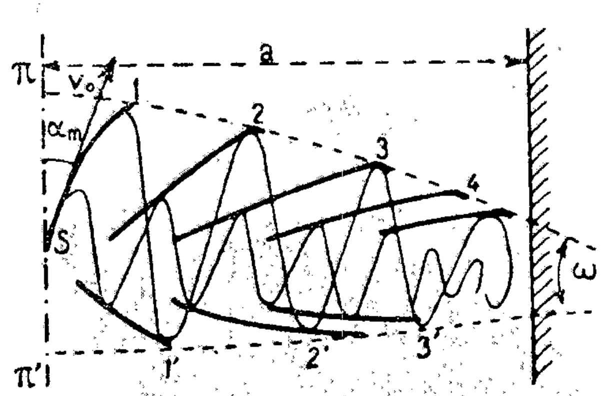


Fig. 2.

FF montrera les sections de ces caustiques sous forme de bords de bande (cliché 3, rayons β du RaC; l'effet d'absorption dans des écrans verticaux d'épaisseur variable, placés devant le film, est également visible); d'autres sections, normales aux précédentes, ont été photographiées en disposant un film dans le plan équatorial, celui de la figure 1.

b. Quant aux trajectoires β dont la vitesse initiale v_0 est dirigée en dehors du plan équatorial, faisant un angle α avec celui-ci, leurs spires s'enroulent sur les tubes de force magnétique de conicité ω; leur point de rebroussement se trouve à la distance a du plan équatorial $\pi\pi'$ (*fig.* 2) donnée ([3]) par $\alpha^2 \cong 2a\omega/\rho$ (1).

Si l'angle α de la vitesse initiale pouvait prendre toutes les valeurs, aucune périodicité latérale n'apparaîtrait; pratiquement la largeur finie $2b$ de l'entrefer, ou la présence d'une cuve à vide, suppriment un grand nombre de trajectoires et limitent les oscillations latérales aux seules valeurs de a inférieures à b, ce qui conduit, d'après (1), à une étroite limitation de l'angle d'émission α. Seront ainsi sélectionnées les seules trajectoires dont les vitesses initiales v_0 seront comprises à l'intérieur de l'angle $\alpha_m \cong 0,15$ (ceci est une valeur moyenne : α_m est plus faible pour les rayons β durs) (*fig.* 2); leurs spires successives admettront les enveloppes distinctes 1, 2, 3, et 1', 2', 3', lorsque ρH évoluera entre ses valeurs extrêmes. Les caustiques correspondant à 1, 2, 3, ... ont été photographiées avec le RaC, pour une valeur appropriée du champ H, sur un film radial F (clichés 4 et 5), où elles sont bien visibles. Dans une autre disposition du film, les enveloppes 1', 2', 3' apparaissent aussi nettement; des sections

([3]) J. THIBAUD, *Nuovo Cimento*, 5, 1938, p. 321.

horizontales parallèles à H peuvent être également obtenues : toutes les prévisions concernant les caustiques sont clairement confirmées.

c. Une caractéristique importante des rayonnements particulaires réside dans leur degré de pénétration dans un écran matériel : à ce point de vue les rayons β compris dans la bande de hauteur $4\bar{\rho}_m$ du faisceau de trochoïdes sont

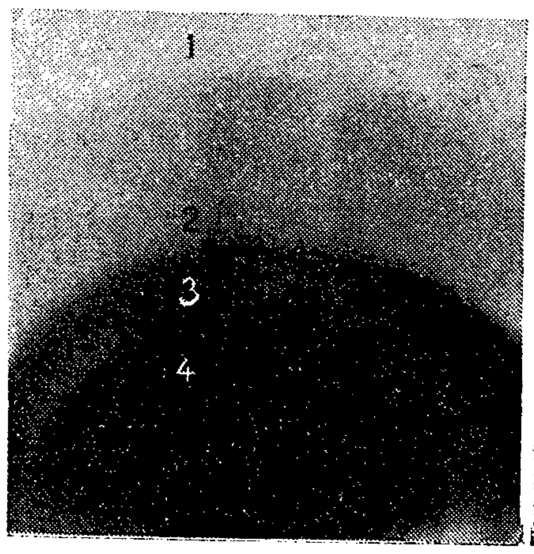


Fig. 3.

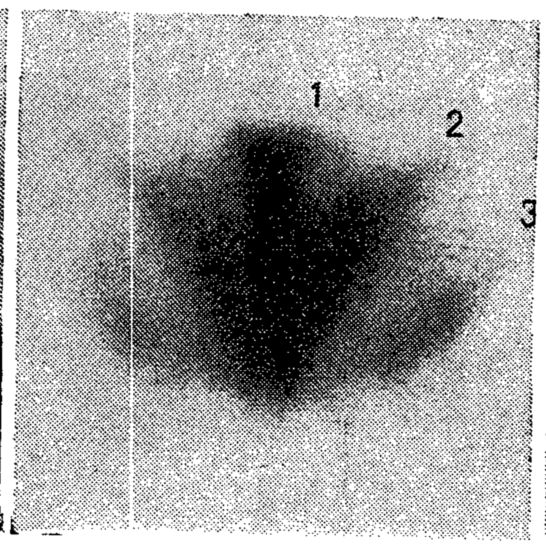


Fig. 4.

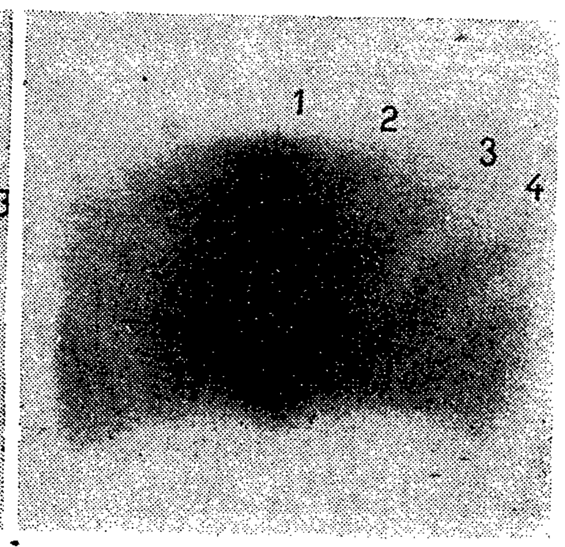


Fig. 5.

pratiquement éliminés du film photographique lorsqu'un écran protecteur, disposé sur la face d'impact de celui-ci, réduit leur intensité au-dessous de 4 %, c'est-à-dire en employant des écrans de $0^g,4$ (RaE) à $0^g,85$ par centimètre carré (RaC); enfin aucun d'entre eux ne pourrait traverser plus de $1^g,35$ par centimètre carré.

Conclusion. — Ainsi lorsque nous placerons un radioélément émetteur de rayons β dans un champ H inhomogène, pourrons-nous reconnaître sur les clichés protégés par un écran en plomb, les enveloppes des trochoïdes correspondant aux rayons β. Toute autre concentration particulaire venant à être décelée qui présenterait des caractères différents de ceux des caustiques ici décrites, ou dont la pénétration matérielle excéderait les limites précédemment définies, devrait être attribuée à d'autres particules chargées que les rayons β.

Nous montrerons ultérieurement comment un spectromètre peut être établi sur ces données, permettant la recherche, en champ magnétique inhomogène, de particules autres que les rayons β ou émises simultanément à ceux-ci.

RADIOACTIVITÉ. — *Dépôt électrolytique de* ThB *et* ThC *sur divers métaux.* Note (1) de M. **André Coche**, présentée par M. Frédéric Joliot.

Les expériences effectuées jusqu'ici pour étudier l'influence du métal support sur le potentiel critique dans le dépôt électrolytique des radioéléments en

(1) Séance du 3 novembre 1947.

solutions très diluées, ont porté sur le Po [2] et les isotopes du Bi [3] (RaE et ThC). Elles semblaient indiquer que le potentiel critique est indépendant de la nature du support); un certain nombre d'exceptions à cette règle ont été cependant trouvées dans le dépôt du Po sur Pt [4], Mo, W et Ta [5]: les deux premiers métaux montrent un comportement analogue avec un dépôt plus ou moins important à tous les potentiels et un minimum aux environs de + 0,50 et + 0,15 volt respectivement; sur W et Ta, on obtient des déplacements du potentiel critique de 0,16 et 0,20 volt vers les valeurs négatives.

Afin d'éclaircir cette question, nous avons mesuré, par la méthode de Hevesy et Paneth, les potentiels critiques cathodiques du ThB sur Au, Ag, Cu, Pt et Ta et du ThC sur Au, Pt et Ta, à la concentration $0{,}6.10^{-10}$ N pour le premier, et $0{,}7.10^{-13}$ N pour le second radioélément.

Nous avons opéré dans le cas du ThB en solution acétique 0,1 N (10^{cm^3}) afin de diminuer le dépôt anodique sous forme de peroxyde. La quantité de radioélément déposée est mesurée par son rayonnement β lorsque l'équilibre radioactif est atteint. Une description plus détaillée de la technique de ces expériences sera donnée ultérieurement.

Les courbes obtenues en portant le pourcentage de ThB déposé au bout de 2 heures en fonction du potentiel cathodique mesuré, par rapport à l'électrode de calomel saturée, par la méthode d'opposition, fournissent (*fig.* 1) des potentiels critiques de — 0,66 volt sur Au, — 0,655 volt sur Ag et — 0,665 volt sur Cu, valeurs qui coïncident, aux erreurs expérimentales près, avec la valeur — 0,674 volt, calculée, par la loi de Nernst, à partir du potentiel normal du plomb.

Les expériences effectuées avec le ThC donnent dans le dépôt sur Au un potentiel critique de — 0,265 volt, très voisin de la valeur — 0,277 volt calculée par la loi de Nernst.

Sur Ta, le pourcentage de ThB déposé au bout de 2 heures croît, lentement d'abord, quand la polarisation augmente, puis rapidement à partir de — 0,85 volt (*fig.* 1), ce qui correspond à un déplacement du potentiel critique de 0,18 volt, vers les valeurs négatives de même sens et de même grandeur que celui obtenu dans le dépôt de Po sur Ta.

La courbe du dépôt de ThC sur Ta indique un déplacement du potentiel critique vers les valeurs négatives comme dans le cas précédent, mais plus petit (0,07 volt).

---

(2) F. Joliot, *J. Chim. Phys.*, 27, 1930, p. 119; M. Haïssinsky, *ibid*, 39, 1933, p. 27.
(3) M. Haïssinsky, *J. Chim. Phys.*, 32, 1935, p. 116.
(4) Mme M. Wertenstein, *Comptes rendus, Soc. Sc. Varsovie*, 10, 1917, p. 771; F. Joliot, *loc. cit.*
(5) A. Coche et M. Haïssinsky, *Comptes rendus*, 222, 1946, p. 1284.

Sur Pt, le pourcentage de ThB après 2 heures d'électrolyse est important et ne varie pas tout d'abord quand le potentiel devient plus négatif, mais à — 0,53 volt, un accroissement brusque se produit (*fig.* 2). Le potentiel critique est donc déplacé de 0,14 volt vers les valeurs positives. Pour savoir

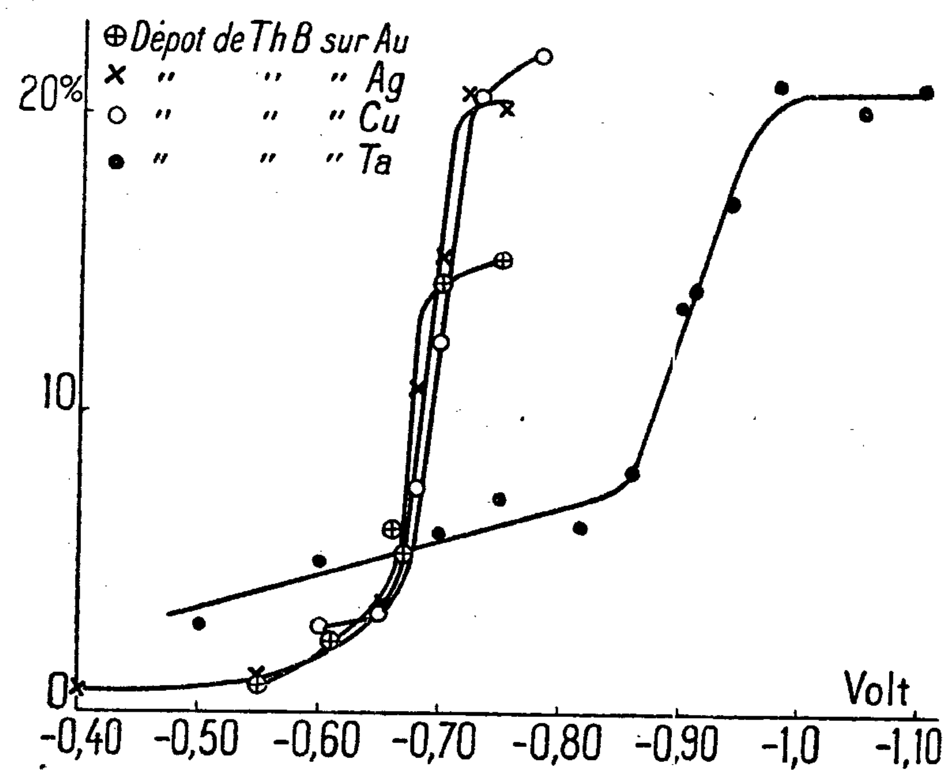


Fig. 1.

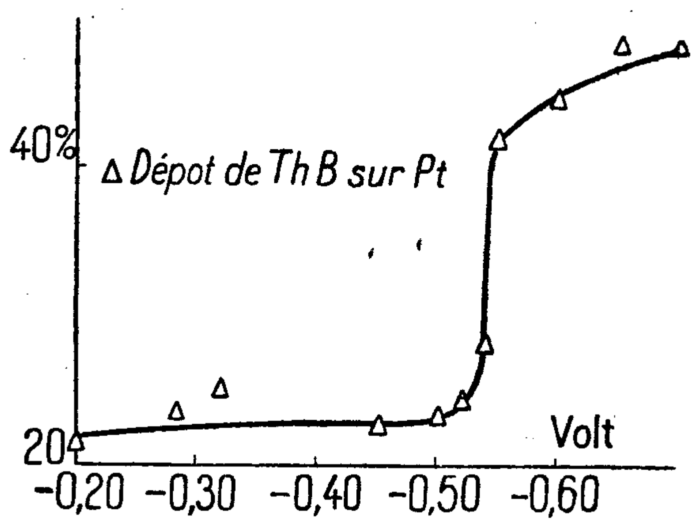


Fig. 2.

quelle est l'influence de la variation de la concentration sur ce déplacement, nous avons utilisé le ThB comme indicateur dans une solution d'acétate de Pb, 10^{-5}N. La courbe présente la même allure qu'à la concentration 10^{-10}N et l'on obtient la valeur — 0,49 volt pour le potentiel critique alors qu'on calcule à cette concentration — 0,521 volt en appliquant la loi de Nernst.

La courbe du dépôt de ThC sur Pt ressemble à celle de ThB sur Ta et donne un potentiel critique de — 0,09 volt; il est donc déplacé de 0,18 volt vers les valeurs positives.

Ainsi, en utilisant la méthode de détermination des potentiels de décomposition de 2e espèce, nous avons pu montrer que la validité de la loi de Nernst, dont on sait qu'elle s'applique à la concentration 10^{-12}N (6), s'étend jusqu'à 10^{-13}N, question récemment controversée (7). En outre, on constate que sur Au, Ag et Cu, le potentiel critique ne dépend pas de la nature du support et qu'on retrouve sur Pt et Ta des anomalies comme dans le dépôt du Po sur ces métaux. On peut penser que le déplacement du potentiel vers les valeurs négatives dans le cas du Ta est lié à la présence d'une couche d'oxyde

(6) M. Haïssinsky, *J. Chim. Phys.*, 32, 1935, p. 116.

(7) H.-G. Heal, d'après F. Morgan, *Nature*, 159, 1947, p. 690.

due à la passivité de ce métal dans le milieu considéré, tandis que celui en sens inverse sur Pt indiquerait la formation d'un alliage Pt-Pb. Conrad ([8]) signale que le potentiel d'une cathode de Pt, sur laquelle a été déposée une petite quantité de Pb, a tendance à devenir plus noble avec le temps et attribue ce fait à la formation d'un alliage Pt-Pb. Ce résultat toutefois demande à être confirmé.

D'autres expériences sont en cours pour compléter cette étude de la variation du potentiel critique avec la nature du support.

CINÉTIQUE CHIMIQUE. — *Particularités de fonctionnement des arcs de haute fréquence.* Note ([1]) de M. **Charles Eyraud**, transmise par M. Paul Pascal.

Dans une Note antérieure ([2]) nous avons mis en évidence un phénomène de maxima et minima successifs du rendement chimique en bioxyde d'azote, quand augmente la puissance de l'arc H. F. utilisé. Pour tenter d'apporter une explication théorique de ces phénomènes, il faut adopter les hypothèses suivantes : 1° la production de NO dans l'arc est la résultante de sa formation par voie thermique et par voie électronique ([3]); 2° l'une des individualités responsables de la formation de NO dans l'arc est l'ion N_2^+ ([4]); 3° le calcul du mouvement des électrons peut être mené en statistique de Boltzmann; 4° une distribution non homogène des ions N_2^+ est responsable des anomalies observées. Les trois premières hypothèses sont généralement admises, la quatrième, ainsi que les approximations utilisées au cours du raisonnement, seront justifiées par leurs conséquences.

Soit W l'énergie cinétique moyenne, au temps t, d'un électron de charge e, de masse m, de vitesse réelle moyenne V, soumis à un champ uniforme et constant E. Soit l son libre parcours moyen, parmi les molécules gazeuses de masse M. Soit z l'abscisse de l'électron comptée suivant la droite joignant les électrodes, l'une d'elles étant prise pour origine.

Il est aisé d'établir les équations (I) et (II) ci-après. La démonstration de la première est reproduite par Darrow ([5]). La deuxième s'obtient d'une manière analogue, en intégrant l'équation différentielle exprimant l'accrois-

---

([8]) *Thèse*, Göttingen, 1903, cité par R. Piontelli et G. Poli, *Rendiconti Instit. Lomb. Sci.*, 75, 1941, n° 2.

([1]) Séance du 27 octobre 1947.

([2]) *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 679.

([3]) E. Briner et Susz, *Helv. Chim. Acta.*, 14, 1931, p. 594; 18, 1935, p. 1468.

([4]) E. Briner, *Helv. Chim. Acta.*, 21, 1938, p. 134; 25, 1942, p. 889.

([5]) *Electrical Phenomena in Gases*, p. 179.

sement de l'énergie moyenne W de l'électron, durant qu'il effectue un libre parcours.

$$\text{(I)}\quad z = \frac{1}{2a}\,\text{Log}\,\frac{eE + aW}{eE - aW}, \qquad \text{avec}\quad a = \frac{2\sqrt{K}}{l} \qquad \text{et}\quad K = 2{,}66\,\frac{m}{M}\ \text{(}^6\text{)},$$

$$\text{(II)}\quad t = b\left[\frac{1}{2}\,\text{Log}\left(\frac{1 + cV}{1 - cV}\right) - \text{arctg}\,cV\right], \qquad \text{avec}\quad b = \frac{\sqrt{lm}}{\sqrt{eE}\sqrt[4]{K^3}} \qquad \text{et}\quad c = \sqrt[4]{K}\sqrt{\frac{eEl}{m}}.$$

En première approximation, les phénomènes se produisant au voisinage des électrodes peuvent être ainsi décrits : un essaim d'électrons partant simultanément de la cathode, s'accélère dans un champ à variation sinusoïdale, que nous réduirons à sa valeur efficace pendant toute l'alternance. Le gradient de potentiel le long de l'arc à un instant donné peut être supposé constant. Le processus le plus probable de formation d'ions positifs dans les conditions présentes est

$$\vec{e} + N_2 \;\rightarrow\; 2e + N_2^+ - 15{,}8\,eV.$$

Un raisonnement classique démontre que l'essaim d'électrons sème sur sa trajectoire des paquets d'ions, sensiblement équidistants, et pratiquement immobiles si l'on néglige provisoirement des effets du second ordre (diffusion, composante latérale du champ). L'équidistance peut être calculée à partir de la formule (I). Après inversion du champ, les paquets d'ions formés par les électrons de retour coïncident ou non avec ceux formés à l'aller. Nous appellerons résonance d'ordre n l'état de coïncidence réalisé pour n paquets d'ions successifs. Une conséquence importante de cet état est de correspondre à une concentration accrue d'ions positifs contre la cathode, donc à une intensité maximum, et une tension minimum aux bornes de l'arc. De plus, le champ au voisinage immédiat de la cathode étant alors considérable au début d'une alternance, il est légitime de considérer que, pendant un temps très court, les électrons extraits par effet de champ et les électrons thermioniques sont émis en très grande quantité. A cette émission nettement discontinue d'électrons, correspond donc un facteur de puissance probablement important, et un caractère aigu de la résonance. Notre théorie interprète d'une manière élégante les résultats obtenus en arc croisé ([7]) : à la *résonance*, la composante H. F. du champ électrique crée des ions en des domaines très restreints de l'arc, entre électrodes H. F. La composante B. F. draine ces ions entre électrodes B. F., en bandes où la concentration en ions reste très importante. L'accroissement de rendement chimique est donc dû : en partie à une concentration locale élevée des ions responsables, en partie à leur situation très périphérique dans l'arc. Cette interprétation est bien en accord avec les variations expérimentales du rendement avec la fréquence.

A partir de ces considérations et de la formule (II), il est possible de calculer les minima théoriques de tension aux bornes de l'arc, qui correspondent aux résonances d'ordre 1, 2, 3, ... Leur comparaison avec les valeurs expérimentales des minima observés fera l'objet d'une prochaine Note.

([6]) Laporte, *Décharge électrique dans les gaz*, p. 76.
([7]) W. J. Cotton, *Chem. Eng.*, 54, 1947, n° 9, p. 252.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur les réactions entre les oxydes d'azote et l'ammoniac.* Note de MM. **Marcel Patry**, **Robert Garlet** et **Samuel Pupko**, présentée par M. Paul Pascal.

Quand on met en contact, à l'état gazeux, du peroxyde d'azote NO_2 et de l'ammoniac, on observe une élévation de température, en même temps que la formation de gouttelettes liquides.

Cette observation nous a amenés à étudier successivement l'action sur l'ammoniac des oxydes d'azote suivants : N_2O, NO, N_2O_3, NO_2 ou N_2O_4, à l'état gazeux.

1° Le sous-oxyde d'azote N_2O n'exerce aucune action sur l'ammoniac, ni à la température ordinaire, ni à 100°.

2° L'oxyde azotique NO n'exerce aucune action à froid, mais réagit faiblement à 100°.

3° L'oxyde azoteux N_2O_3 se comporte comme un mélange à parties égales de NO et de NO_2. En somme son étude entre dans le cadre de l'étude de NO_2.

4° NO_2 ou N_2O_4 réagit sur l'ammoniac dans toutes les conditions de température que nous avons expérimentées. En particulier, dès la température ordinaire, cette réaction donne les produits suivants : nitrite d'ammoniaque, nitrate d'ammoniaque, eau, oxyde d'azote NO, azote, hydrazine. On a constaté en particulier que la proportion de nitrite était extrêmement faible. Il en est de même de l'hydrazine formée.

Nous avons pu prouver que le nitrite d'ammonium était, dans nos conditions expérimentales, transformé à peu près intégralement en nitrate suivant la réaction

$$NO_2NH_4 + NO_2 = NO_3NH_4 + NO.$$

Le peroxyde d'azote oxyde donc les nitrites en se transformant en oxyde NO.

Quant à l'hydrazine, nous avons pu démontrer que sa formation était contrariée par des réactions secondaires d'oxydation. Des expériences directes entreprises sur l'oxydation de l'hydrazine par les oxydes de l'azote ont montré en effet que si les oxydes inférieurs N_2O et NO étaient sans action sur l'hydrazine, le peroxyde d'azote par contre l'oxydait facilement (tableau II). Cette oxydation est d'ailleurs d'autant plus accusée que la concentration de la solution en hydrazine est plus élevée. Elle conduit à la formation de NO et même d'azote. C'est cette réaction d'oxydation qui limite la production d'hydrazine dans la réaction entre le peroxyde d'azote et l'ammoniaque. En fait la concentration en hydrazine du liquide ne dépasse jamais 0,6 %. Cette concentration est trop faible pour qu'un tel procédé puisse avoir un intérêt industriel. Il ne peut être préféré au procédé classique Raschig.

TABLEAU I.

Action des vapeurs nitreuses sur NH_3.

Oxyde d'azote.	Temp. (°).	Contact (").	Répartition (%) de l'azote à l'entrée. Oxyde d'azote.	Ammoniac.	Répartition (%) de l'azote à la sortie (*). N_2O.	NO.	NO_3NH_4.	NO_2NH_4.	N_2.
Protoxyde N_2O	16	11	25	75	23,6	0	0	0	0
	98	7	23,5	76,5	21,9	0	0	0	0
Bi-oxyde NO	23	8	11,3	88,7	0	9,8	0	0	0
	100	7	12,9	87,1	0	7,6	traces	traces	6,7
Anhydride azoteux N_2O_3	76	13	22,7	77,3	0	8,8	1,6	»	17,7
Peroxyde N_2O_4	91	13	13	87	0,1	0,2	8,7	0,3	13,7
	123	12	16,6	83,4	0	0	9,2	0,1	14,9

(*) Aux erreurs expérimentales près, on retrouve le complément à 100 de l'azote à l'état d'ammoniac.

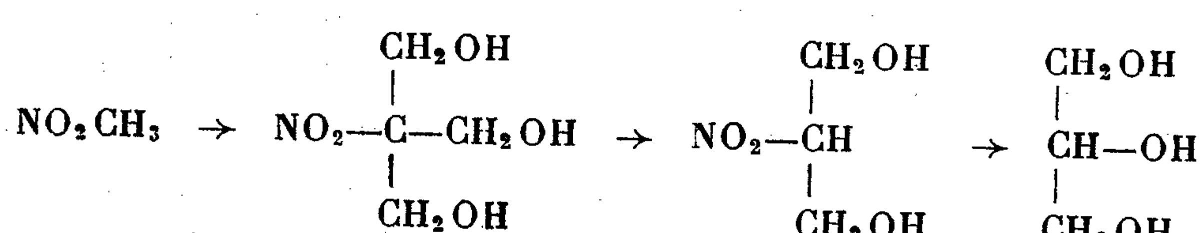
TABLEAU II.

Action des oxydes d'azote sur l'hydrazine en solution aqueuse.

Oxyde d'azote.	Réactifs mis en jeu. Oxyde d'azote (l).	Hydrazine (g).	Quantité d'hydrazine détruite. (g).
N_2O	3,6	1,10	0,044
NO	3,5	1,06	0,032
NO_2	2	0,12	0,025
	»	0,25	0,048
	»	1,66	0,208
	»	1,73	0,211
	»	3,10	0,304

CHIMIE ORGANIQUE. — *Synthèse directe du nitro-2-propylèneglycol-1.3. Son utilisation pour la synthèse de la glycérine.* Note de M. **Georges Darzens**, présentée par M. Marcel Delépine.

En 1897 Piloty a publié une synthèse de la glycérine prenant comme point de départ le formol et le nitrométhane ([1]). En condensant ces deux corps en présence de soude étendue, il préparait d'abord la nitroisobutylglycérine (I) qui, traitée par de l'éthylate de sodium, donnait le nitropropylèneglycol (II). Ce corps était enfin transformé en glycérine par réduction du groupe nitro et sa transformation en fonction alcool



(I) (II)

([1]) *Ber. deuts. chem. Gesell.*, 30, 1897, p. 3171.

J'ai pensé que cette synthèse pouvait être simplifiée s'il était possible de limiter la condensation du nitrométhane avec seulement deux molécules de formol de manière à accéder directement au nitropropylèneglycol en économisant ainsi une molécule de formol.

Par la technique suivante, je suis parvenu à réaliser très simplement cette réaction qui n'avait pas encore été obtenue (²).

On prépare d'abord une solution étendue de méthylate de sodium dans l'alcool méthylique en dissolvant 23ᵍ de sodium dans 900ᵍ d'alcool méthylique On ajoute ensuite, dans cette solution froide, deux molécules de formol sous forme de trioxyméthylène, soit 60ᵍ, qui ne tardent pas à entrer en solution; au bout de quelques heures à la température ordinaire, on obtient une solution limpide. Cette solution est alors refroidie à 0° et l'on y ajoute peu à peu une molécule de nitrométhane, soit 61ᵍ, qui entre également en solution en colorant légèrement le liquide en jaune. Au bout de quelques instants la teinte jaune disparaît, puis il se forme un abondant précipité blanc, qui est essoré après 12 heures de repos dans une glacière, de préférence à 0°. C'est le dérivé sodé du nitropropanediol cristallisé avec deux molécules d'alcool méthylique de formule :

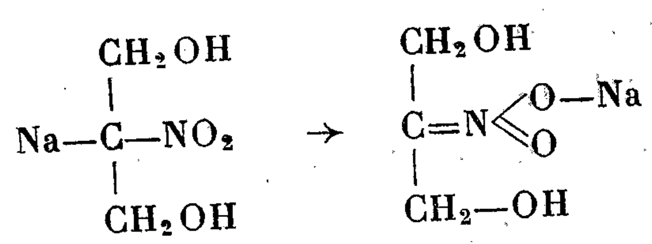
$$NO_2-CNa(CH_2OH)_2,\ 2\,CH_3OH.$$

Le rendement est sensiblement théorique, soit 195 à 200ᵍ (théorie 207ᵍ). Dans le vide, de préférence à 45°, l'alcool de cristallisation s'évapore; c'est alors une poudre jaune clair.

Traité par des acides dilués, ce dérivé sodé donne le nitroglycol correspondant fondant à 54° et très soluble dans l'eau. Schmidt et Wilkendorf (²) réalisent cette préparation à l'aide de l'acide salicylique en solution dans l'éther. J'ai trouvé qu'elle est possible par l'acide acétique en solution dans l'acétate d'éthyle.

La même préparation peut être réalisée dans l'alcool éthylique, mais alors les rendements sont moins élevés, le dérivé sodé du nitropropanediol étant plus soluble dans cet alcool.

Contre toute attente, le dérivé sodé du nitropropanediol ne réagit pas avec les halogénures d'alcoyle RX (X = Cl.Br ou I) pour remplacer le sodium par le radical R. Il semble donc qu'il s'agit, non d'un dérivé où le sodium est lié au carbone, mais bien d'un dérivé *isonitré* où il est en relation avec l'oxygène comme Michaël et Nef l'ont déjà admis pour les dérivés sodés d'autres combinaisons aliphatiques :



Par contre, l'action du brome donne facilement le dérivé normal bromé au

(²) Voir à ce sujet : SCHMIDT et WILKENDORF, *ibid*, 52, 1919, p. 389; H. P. DEN OTTER, *Rec. trav. Chim. Pays-Bas*, 57, 1938, p. 13.

carbone fondant à 121° qui peut servir à caractériser le nitropropanediol, comme Schmidt et Wilkendorf l'ont déjà signalé.

Du temps de Piloty la réduction du groupe NO_2 et sa substitution par l'hydroxyle OH présentaient de grandes difficultés, et il fallut toute l'habileté de ce chimiste pour mener à bien cette synthèse de la glycérine qui ne présentait qu'un intérêt théorique. Aujourd'hui elle se réalise très facilement par catalyse en traitant directement une solution du dérivé sodé additionnée d'un acide, de préférence d'acide oxalique. S'il était donc possible de préparer économiquement le nitrométhane, cette synthèse pourrait par suite être envisagée même au point de vue technique.

MINÉRALOGIE. — *Synthèse de la kalsilite et de l'orthose.* Note de M. **Jean Wyart**, présentée par M. Charles Mauguin.

La kalsilite $KAlSiO_4$ a été découverte par le Professeur Arthur Holmes (1) dans une roche volcanique, la mafurite provenant de Mafuru, Ouganda. Elle rappelle, par ses formes et ses propriétés optiques, la néphéline $NaAlSiO_4$. MM. F.-A. Bannister et M. Hey (2) en ont fait l'étude cristallographique et chimique et confirmé que c'était une nouvelle espèce (distincte de la kaliophilite), à qui ils ont donné le nom de kalsilite pour rappeler sa composition chimique.

Tout récemment G.-R. Rigby et A.-M. Richarson (3) ont observé la formation de kalsilite dans les hauts-fourneaux; ils en ont réussi la synthèse par voie sèche, en chauffant à 850° un mélange d'argile et de carbonate de potassium, tout en montrant la nécessité d'une addition du sodium correspondant à 3 %, Na_2O.

Or, en vue de reproduire synthétiquement la leucite $KAlSi_2O_6$, j'avais été conduit à répéter des expériences réalisées par Ch. et G. Friedel (4) en 1890 et par G. Friedel (5) en 1912. Elles consistent à attaquer dans un autoclave un mica muscovite, finement pulvérisé, par de la silice amorphe et de la potasse en présence d'eau sous des pressions ne dépassant pas 300 kg/cm², à des températures inférieures à 500°.

En faisant varier les quantités respectives de potasse et de silice, je n'ai jamais pu isoler les cristaux de leucite que je recherchais; ces expériences ont toujours fourni un produit bien cristallisé qui était essentiellement un corps hexagonal se présentant soit en prismes courts avec les faces (10$\bar{1}$0) et (0001),

(1) *The Mineralogical Magazine*, 26, juin 1942, p. 197.
(2) *The Mineralogical Magazine*, 26, juin 1942, p. 218.
(3) *The Mineralogical Magazine*, 28, n° 197, 1947, p. 75.
(4) *Bulletin de la Soc. Minér.*, 13, 1890, p. 129.
(5) *Bulletin de la Soc. Minér.*, 35, 1912, p. 471.

soit en lamelles hexagonales (0001) dont certaines dépassaient le 1/10 de millimètre; et si la quantité initiale de silice était suffisante, une partie du silicate hexagonal était transformée en orthose $KAlSi_3O_8$, reconnaissable à son spectre de rayons X, à ses formes et à ses propriétés optiques sur certains cristaux, dépassant quelques dixièmes de millimètre.

J'ai d'abord identifié [6] le silicate hexagonal uniaxe négatif comme étant la kaliophilite $KAlSiO_4$, ainsi que le faisait G. Friedel. Mais si la biréfringence observée 0,005 est sensiblement celle de la kaliophilite, les indices mesurés (n_0 1,544; n_e 1,539 ± 0,002) sont nettement supérieurs à ceux de la kaliophilite (n_0 1,539; n_e 1,527); le spectre de rayons X, d'ailleurs différent de celui que fournit un échantillon de kaliophilite provenant du British Museum et que je dois à l'obligeance de M. F. A. Bannister, est celui de la kalsilite. Il n'est pas douteux que c'est ce nouveau minéral qu'avaient obtenu Ch. et G. Friedel.

Il était intéressant de préciser les conditions de formation et de transformation de la kalsilite. Pour cela j'ai chauffé dans un autoclave à la température de 380° et à la pression de la vapeur d'eau de 240 kg/cm², pendant 64 heures, un mélange de potasse, d'alumine et de silice amorphes dans des proportions correspondant exactement à la formule $KAlSiO_4$. A la fin de l'expérience l'eau a perdu son alcalinité et toute la matière s'est cristallisée en *kalsilite*, si l'on fait abstraction d'une quantité infime de cristaux en aiguilles orthorhombiques, à allongement positif; et qui pourrait être une zéolite comme le ptilolite.

En tout cas, au microscope, les hexagones et les prismes courts déjà décrits dominent, et le spectre de rayons X, qui est celui d'un corps parfaitement cristallisé, est celui de la kalsilite, tel que l'a décrit F. A. Bannister.

Ainsi la kalsilite se forme avec la plus grande facilité, en présence d'eau sous pression, à basse température et sans traces de sodium; on devrait s'attendre à la trouver dans les roches éruptives feldspathoïdiques fortement potassiques. Cependant elle se transforme, dans les conditions décrites pour sa formation, en orthose dès qu'on la met en présence de silice amorphe. Plusieurs expériences dans l'autoclave, en présence d'eau, ont été faites en mélangeant à la kalsilite de synthèse de la silice amorphe. Si celle-ci intervient en quantité suffisante, la kalsilite se transforme intégralement en orthose; si l'on met en présence les quantités équimoléculaires de kalsilite $KAlSiO_4$ et de silice SiO_2, espérant réaliser ainsi la synthèse de la leucite $KAlSi_2O_6$, on obtient, dans les conditions décrites de température et de pression de vapeur d'eau, le mélange équimoléculaire de kalsilite et d'orthose, à l'exclusion de la leucite, toute la silice libre ayant ainsi saturé la moitié de la kalsilite pour former l'orthose.

---

[6] *Bull. Soc. Franç. Minér.*, 66, 1943, p. 493.

Dans les roches volcaniques de l'Ouganda, les conditions de formation de la kalsilite sont évidemment différentes de celles qui sont décrites ici, et qui pourraient être celles de roches de profondeur. Car les mafurites à leucite et les ougandites à kalsilite, que décrit le Professeur Arthur Holmes, forment une série continue où les deux minéraux, leucite et kalsilite, se forment simultanément.

MINÉRALOGIE. — *Édifices mimétiques et symétrie triclinique de l'analcime des îles de Los (Guinée française).* Note de M. **Maurice Roques**, présentée par M. Charles Mauguin.

L'analcime figure parmi les constituants des syénites néphéliniques des îles de Los. A. Lacroix a montré que ce minéral y est de formation tardive et qu'on l'y rencontre, en particulier dans les faciès pegmatiques, sous forme de masses clivables atteignant la grosseur du poing. J'ai pu recueillir des échantillons de ce type à la carrière de la pointe nord de l'île Kassa, où ils sont accompagnés de cristaux de 2 à 3^{cm}, présentant les formes du trapézoèdre, et tapissant les fissures de la roche.

Le poids spécifique de l'analcime de Los est de 2,7 et sa composition est très voisine de celle de l'analcime théorique (¹) :

(An. M. Roques)...	SiO_2.	Al_2O_3.	CaO.	Na_2O.	K_2O.	H_2O+.	Total.
Analcime de Los.....	54,4	23,6	tr.	13,5	0,2	8,2	99,9
Analcime théorique...	54,5	23,2	–	14,1	–	8,2	100

Le minéral est translucide, parfois même transparent, et possède trois clivages faciles mais imparfaits, suivant les faces du cube. Il présente sous le microscope des macles polysynthétiques nombreuses, souvent assez larges pour que l'étude optique complète de chaque individu soit possible sur la platine universelle. Enfin, la biréfringence de ces individus pour lesquels $N_g - N_p = 0,0027$, est beaucoup plus élevée que celle que l'on observe généralement dans l'analcime (0,0003). Ces particularités font de l'analcime de Los un matériel de choix pour la détermination des propriétés du minéral.

On sait en effet que les anomalies optiques ont conduit Mallard à montrer que les formes d'apparence cubique de l'analcime étaient constituées par un édifice mimétique de trois individus quadratiques qui s'interpénètrent, et dont les axes quaternaires sont orientés suivant les axes quaternaires du cube. Cet assemblage existe dans l'analcime de Los. Mais on y observe de plus que *chacun de ces cristaux d'apparence quadratique est en réalité un édifice mimétique de macles polysynthétiques, groupant des individus dont la symétrie réelle est triclinique.*

(¹) Selon une indication de M. J. Wyart, le minéral donne bien, aux rayons X, le spectre de poudre de l'analcime.

Édifice quadratique. — Les cristaux xénomorphes en masses clivables de Los présentent, de façon constante, *quatre systèmes de macles polysynthétiques*, dont les plans d'accolement sont les deux plans de clivage (100) et (010), et les deux plans diagonaux (110) et ($1\bar{1}0$) de la zone de l'arête [001]. Toutes ces macles montrent les caractères optiques des macles normales selon Fedoroff, et leur plan d'accolement est en même temps le plan de symétrie de la macle. L'édifice a donc bien une symétrie quaternaire.

Édifice cubique. — Dans les cristaux xénomorphes de Los, on observe sporadiquement la macle de deux édifices quaternaires suivant les plans (011) ou (101). Cette macle n'est plus polysynthétique, mais elle réalise, dans les échantillons en forme de trapézoèdre, un édifice mimétique cubique suivant une disposition analogue à celle qu'a décrite Mallard.

Symétrie triclinique. — Les trois clivages du minéral sont à 90° l'un de l'autre, mais d'une manière approchée seulement. La différence n'a pu être mesurée, mais elle se traduit nettement par l'existence de fines gouttières visibles à la loupe, et marquant, sur les clivages, la trace des macles polysynthétiques. Le clivage (001) montre quatre directions de gouttières suivant les côtés et les diagonales de la face du cube, et se distingue ainsi des clivages (010) et (100) qui ne montrent qu'une seule direction de gouttière parallèle à l'arête [100].

De plus, l'ellipsoïde des indices que l'on peut déterminer sur certains individus des macles polysynthétiques, est biaxe négatif, et les plans de symétrie sont obliques sur les plans réticulaires principaux du cristal. L'angle des axes est $2V = 14°$. L'axe principal N_p est dans le plan (110) et fait 12° avec la normale au clivage (001). L'axe principal N_g fait 4° avec le clivage (001) et 27° avec la normale au clivage (010).

La symétrie du cristal est donc bien triclinique. Brogger [2] est arrivé à une conclusion analogue pour l'analcime de la syénite néphélinique de Brevig en Norvège. On peut donc penser que la symétrie triclinique qui apparaît dans ces gisements exceptionnels n'a pas été observée ailleurs dans l'analcime, en raison d'une trop grande finesse des macles polysynthétiques de l'édifice quadratique. Le groupement submicroscopique d'individus dont l'axe N_p est situé au voisinage de l'axe quaternaire de l'édifice donne, à la limite, un ellipsoïde uniaxe négatif, en même temps qu'une biréfringence apparente diminuée.

Il faut du reste ajouter que la déshydratation de l'analcime de Los aux environs de 700°, fait disparaître les macles polysynthétiques, et transforme l'édifice quadratique en un cristal homogène orthorhombique, avec un léger abaissement de la biréfrigence qui passe à $N_g - N_p = 0,0022$. Or, dans les mêmes conditions, G. Friedel [3] a constaté, pour l'analcime d'apparence

---

(2) *Z. K.*, **16**, 1890, p. 569.
(3) *Bull. Soc. Franç. Minér.*, **19**, 1896, p. 363.

quadratique des Cyclopes, une augmentation de la biréfringence dont la valeur passe de 0,0003 à la valeur maximum de 0,0021, très proche de celle que l'on observe pour l'analcime de Los.

GÉOLOGIE. — *Un problème de la Vanoise (Savoie) : le charriage de la Vanoise septentrionale (Mont-Pourri-Bellecôte-Grand-Bec) et ses conséquences.* Note (¹) de M. **Léon Moret**, présentée par M. Charles Jacob.

Dans une Note antérieure (²) j'ai présenté quelques arguments qui permettent de reprendre ce problème et de proposer une *nouvelle hypothèse de travail.*

1° *Présence d'une lame triasique continue sur le pourtour de la Vanoise septentrionale.* — J. Boussac avait déjà fait remarquer que le Trias qui, au-dessus de Peisey dans la vallée de l'Isère, ceinture le massif cristallin, ne devait pas être considéré comme un synclinal couché, mais comme une lame jalonnant une surface de discontinuité tectonique séparant le talus houiller des abrupts cristallophylliens superposés. La base des terrains anciens y est elle-même soulignée par un horizon de schistes quartzeux et séricileux très laminés. Chose importante, révélée par les travaux souterrains de la dérivation Tignes-Malgovert : *cette lame triasique, surtout quartzitique et très écrasée, peut être suivie presque sans interruption à la base Est du Pourri, depuis la Pointe des Fours jusqu'aux Brévières.*

En surface, et bien qu'elle soit souvent cicatrisée par suite du laminage complet du Trias et l'apparition du métamorphisme, j'ai été assez heureux pour en découvrir de *bons affleurements dans les ravins de la rive gauche de l'Isère, au sud du Planet,* vers la cote 1450 : ce sont toujours des lentilles de quartzites très feuilletés, parfois sableux, associés à des schistes séricileux, s'enfonçant en couches peu inclinées sous la montagne.

Sur le versant oriental de Bellecôte et du Grand-Bec, la zone de charriage, toujours accompagnée de quartzites laminés et de schistes séricileux très froissés, se poursuit jusqu'à Champagny-le-Bas, puis passe à l'Est de la Tour-du-Merle (quartzites) et prend en écharpe la région de Champ-Béranger (où elle est masquée par des moraines), laissant dans le socle le Trias, plissé en bandes de direction aberrante, de la Tour-du-Merle et du Planay. De là, notre zone ne peut plus être suivie et semble disparaître en profondeur (Ruisseau des Gorets) avant d'atteindre la Vuzelle, réapparition probable de la couverture mésozoïque des schistes cristallins du Grand-Bec, ici très amincis par étirement.

2° *La Vanoise septentrionale est refoulée sur le socle briançonnais, mais vient de la profondeur.* — Il est bien difficile, comme le voulait Boussac, de rattacher la Vanoise septentrionale à la Nappe des schistes lustrés puisque, au Sud

(¹) Séance du 10 novembre 1947.
(²) *Comptes rendus,* 225, 1947, p. 885.

(Cirque de la Glière, Rochers de Pramecou, etc.), les terrains anciens s'enfoncent manifestement sous la couverture mésozoïque de la Vanoise qui les domine de partout. D'autre part, il y aura lieu de reconsidérer, à la lumière des faits précédents, les diverses *fenêtres* (fenêtres de Laisonnay, du Col de la Chiaupe, des Brévières) décrites par Boussac.

Mais, dès maintenant, il devient évident que *la Vanoise septentrionale, bordure orientale de la Nappe du Grand-Saint-Bernard, est une gigantesque écaille issue de la profondeur, fortement refoulée vers le Nord-Est* et dont l'amplitude de déplacement est marquée, au moins vers l'Ouest, par une impressionnante zone de gypses.

3° *La Vanoise médiane.* — C'est la Vanoise calcaire, région qui limite la précédente au Sud-Est et qui, tectoniquement, correspond à un *large synclinorium de terrains mésozoïques.* Elle se caractérise à première vue par la *direction anormale, Est-Ouest, qu'y prennent les plis entre les environs de Pralognan et la haute Isère, plis presque constamment refoulés vers le Sud,* tandis que, au Sud de cette localité et au delà des sources de l'Isère, ils récupèrent rapidement leur direction alpine, grossièrement Nord-Sud.

Cette disposition, que l'on a tenté d'expliquer par la combinaison des plissements orthogonaux ou par l'action de compressions transversales ayant provoqué la grande dépression qui sépare les massifs de gneiss de Dora-Maira de celui du Grand-Paradis, peut, à mon sens, plus simplement se comprendre si l'on suppose *qu'après le jaillissement de l'écharde du Pourri (phase alpine principale, responsable du déclenchement de la nappe des schistes lustrés et des décollements et laminages subséquents de la couverture mésozoïque), la couverture souple est revenue lentement vers le Sud, sous l'effet de la seule gravité et en faisant spécialement rejouer le décollement basal des quartzites,* vers l'ensellement compris entre la Vanoise septentrionale et la Vanoise méridionale, c'est-à-dire entre les deux Vanoises rigides. C'est à ce moment seulement qu'ont pris naissance les plis aberrants de la Vanoise calcaire.

4° *L'énigme de la Vanoise méridionale.* — La Vanoise méridionale comporte le massif cristallophyllien de Chasseforêt, dont les rapports avec le reste du massif n'apparaissent pas encore clairement.

En effet, si le Permo-Houiller métamorphique de Modane (toujours décrit comme passant progressivement au Houiller normal du socle) est le même que celui de Chasseforêt, toute la Vanoise méridionale appartient au socle et doit s'enfoncer sous la Vanoise septentrionale, question bien difficile à trancher, car nous ne saurons sans doute jamais ce qui se passe dans la profondeur de la Vanoise médiane et quels sont les rapports exacts entre les deux Vanoises rigides (existence possible d'une grande ligne de dislocation).

On pourrait aussi penser que la zone synclinale de Chavières, qui limite la Vanoise méridionale vers l'Ouest (et dont Boussac faisait d'ailleurs une fenêtre), est une limite tectonique, les rapports entre les terrains cristallophylliens de l'Aiguille Doran-Pointe de l'Échelle (bordure orientale de la zone

de Chavière, charriée) et ceux qui font corps avec les terrains de la zone houillère (bordure occidentale de la même zone, socle) étant analogues à ceux que nous avons établis entre ces deux unités dans la Vanoise septentrionale.

GÉOLOGIE. — *Quelques données préliminaires sur le Massif des Eglab* (*Sahara occidental*). Note de M. **Pierre Lapadu-Hargues**, présentée par M. Charles Jacob.

Les récentes explorations géologiques dans le Sahara occidental ont mis en évidence l'existence d'un axe cristallin orienté NNE-SSW qui traverse toute cette région, depuis la Mauritanie jusqu'au parallèle de Tindouf. Cette dorsale cristalline, noyau d'un large anticlinal, montre dans sa partie septentrionale un large affleurement de terrains granitiques; c'est le Massif des Eglab qui, de Bou Bernous au Nord à Chegga au Sud, couvre à peu près 35000^{km^2} [1].

Au cours des premiers mois de 1947, j'ai pu, au cours d'un voyage d'étude dans ces régions, examiner ce massif, et je donne ici les premiers résultats qui semblent s'en dégager.

Le noyau principal est constitué par un beau granite, d'apparence assez homogène. En cassure fraîche, on y remarque du quartz, du mica biotite (la muscovite est absente ou en tout cas exceptionnelle) et des feldspaths, en très grande partie des orthoses d'une belle couleur rose. C'est donc un granite typique, de stucture généralement grenue.

Sur ce granite étaient déjà signalés d'importants lambeaux d'une rhyolite, franchement microlithique et à nombreux phénocristaux de quartz. On trouve cette rhyolite, soit en témoins isolés, soit aussi en grands placages qui peuvent couvrir d'importantes surfaces. Or, partout où il m'a été possible d'examiner la base de ces lambeaux, il ne m'a pas été possible de les considérer comme une coulée épanchée sur un socle granitique préexistant. En effet, il n'y a jamais un contact stratigraphique franc et net au niveau de la séparation des deux termes : granite et rhyolite; mais, au contraire, j'ai constaté en de nombreux points le passage pétrographique continu entre le granite et la rhyolite, avec tous les termes intermédiaires, ceux-ci de structure microgrenue. En particulier à l'Oglat Mcherrat (120^{km} au Nord de Chegga; lat : 26°27′ N, long : 5°38′ W), j'ai recueilli tous les termes de passage entre le granite grenu et la rhyolite microlithique. De même, au Nord de Chénéchane; de même, dans la partie nord de l'Aftout, à l'entrée du Feidj de Mlehass, là où les dunes de l'Erg Chech viennent recouvrir les Eglab. Les distances qui séparent ces trois points particuliers d'observation sont de l'ordre de 150 à 200^{km}.

En conséquence, et cela dans la limite des observations faites jusqu'ici, je dois

(1) N. Menchikoff, *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 1237 et P. Gevin, documents inédits.

considérer le granite des Eglab comme un énorme noyau granitique qui a dû posséder une croûte superficielle rhyolitique. Cette rhyolite proviendrait d'un même magma que le granite et constituerait son faciès marginal, contemporain. On serait donc ainsi en présence d'un énorme *batholithe* granitique, de dimension considérable, qui aurait été mis en place dans des conditions particulières, peut-être superficielles, puisqu'il y a un faciès rhyolitique en bordure, dont l'état fluidal, au moins pour la phase finale de l'ensemble, paraît indiscutable.

A côté de ces granites, microgranites et rhyolites liés, on rencontre aux Eglab des filons ou amas de roches mélanocrates, très vraisemblablement des dolérites, et de roches très leucocrates, très riches en éléments blancs (plagioclases basiques) à rapprocher des anorthosites. Ces deux types sont souvent liés. Dolérites et anorthosites sont nettement postérieures au granite, car elles traversent en partie la série sédimentaire, sans doute paléozoïque, qui, au Nord (région du Ménakeb) comme au Sud (Hank), vient recouvrir le socle des Eglab.

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE. LIMNOLOGIE. — *L'état thermique du lac Léman durant l'été* 1947. Note (1) de M. **Bernard Dussart**, présentée par M. Emmanuel de Martonne.

Après un hiver particulièrement long et froid, l'été 1947, avec ses fortes chaleurs persistantes, a provoqué dans le lac Léman des perturbations sensibles de son état thermique. Alors que les profondeurs du lac gardaient l'empreinte de l'hiver, les couches superficielles se réchauffaient au delà de la normale. Cet état de choses s'est traduit par une stratification thermique particulièrement accusée au cours du mois d'août.

J'ai pu ainsi noter une température de 24°,6 en pleine eau à $0^{m},20$ de profondeur, le 11 août. C'est actuellement la température *la plus élevée* qui ait jamais été observée dans ce lac, et si elle est encore loin des 26° constatés dans les mêmes conditions, le même mois, dans le lac de Constance (2), elle s'écarte sensiblement des 23°,3 jadis homologués (3) comme *maximum absolu* de la température du lac Léman.

A 50^{m} de profondeur, par contre, l'influence de l'été ne se fait pas sentir avant l'hiver, et c'est ce qui explique la température exceptionnellement basse de 5°,7 enregistrée tant en août qu'en octobre à cette profondeur, alors que la moyenne oscille aux environs de 7° (*fig.* 1).

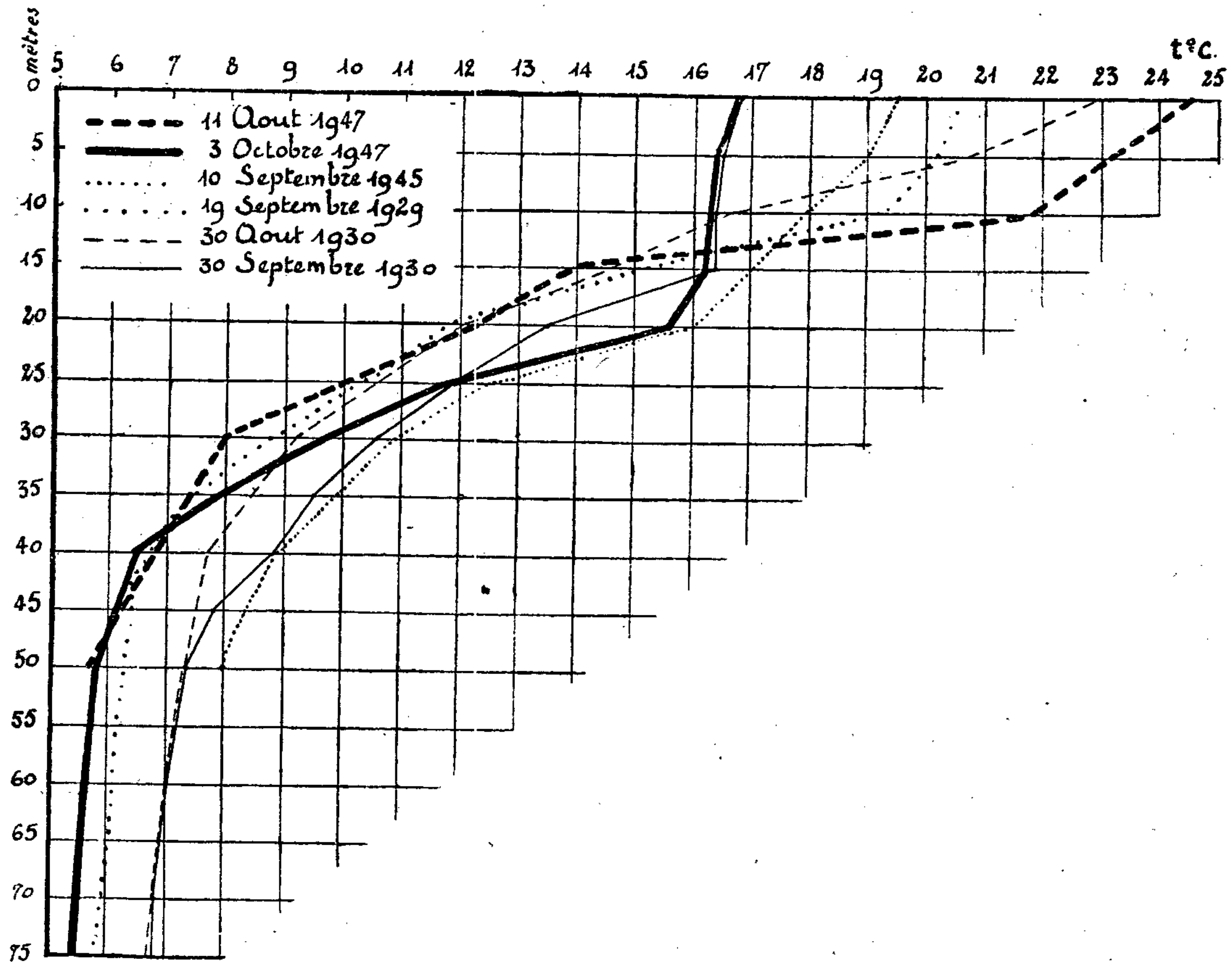
En effet le refroidissement général du lac dû à l'hiver précédent particulière-

(1) Séance du 10 novembre 1947.

(2) Observation communiquée par R. Muckle, *Anstalt für Bodenseeforschung der Stadt Konstanz*.

(3) L. W. Collet, *Les lacs*, 1925, Paris.

ment rigoureux a provoqué, pendant la circulation d'hiver, un abaissement sensible de la température, en particulier en profondeur. Cet abaissement subsiste jusqu'à la période suivante de circulation des eaux (fin de l'automne).



Ces perturbations thermiques donnent à la courbe estivale des températures du Léman en fonction de la profondeur un aspect particulièrement typique avec un thermocline très accusé. Le 11 août, il existait une différence de 7°,7 entre les températures à 10 et 15 mètres ($t_{10m} = 21°,8$, $t_{15m} = 14°,1$).

En comparant les courbes obtenues en 1947 avec celles des années 1929 ([4]), 1930 ([5]), et 1945 ([6]), on constate que :

1° La moyenne approximative des températures à 50 mètres étant de 7°, *la température à la fin de la stratification thermique d'été*, à cette profondeur, *est en relation très étroite avec la moyenne des températures météorologiques de l'hiver précédent*. En effet :

En 1928-1929 la température moyenne de l'air pour les 3 mois d'hiver, décembre, janvier et février, est de 0°,83 ([7]), soit sensiblement moins qu'en année normale (3°,39).

([4]) Ch. Gorceix et L. Kreitmann, *Étude thermique de la bataillère sur le Léman* (*Sect. int. d'hydrologie scientifique*, 1929, pp. 1-11).

([5]) P. Vivier, *Observations sur quelques facteurs hydrobiologiques piscicoles dans des lacs de Savoie* (*Ann. Inst. Nat. Agronomique*, 2e série, **24**, 1932, pp. 84-133).

([6]) (Observations personnelles).

([7]) Les températures météorologiques indiquées ici sont celles de l'Observatoire du Parc Saint-Maur, à Paris; (J. Bourgeois, *La Nature*, **3105**, 1946, p. 43; **3107**, 1946, p. 78; **3132**, 1947, p. 104; **3144**, 1947, p. 304). Elles s'écartent évidemment des températures de la région du Léman, mais ne sont données que comme indications, la région considérée ayant subi les mêmes perturbations générales que Paris.

C'est ce qui explique la température de 6°, 3 observée à 50 mètres de profondeur. Les mois de janvier et février ayant seuls été très froids, l'abaissement de la température par rapport à la normale est relativement faible.

En 1929-1930, l'hiver ayant été normal, la température à 50 mètres est elle-même normale (7°,3).

En 1945, après un hiver particulièrement doux (moyenne de l'hiver : 5°,04) il n'est pas étonnant de trouver à 50^{m} une température de 8°.

En 1947, enfin, après un hiver se plaçant au 5^{e} rang des plus froids jamais observés, on aurait pu prévoir la température de 5°,7 effectivement mesurée.

2° Si, dans l'ensemble, un mois de l'année est caractérisé par une allure à peu près constante de la courbe des températures lacustres en fonction de la profondeur, cette courbe peut varier en position et en orientation d'une année à l'autre. *Cette variation est en correspondance étroite avec la moyenne des températures hivernales ou annuelles de l'air ambiant.* Ce dernier facteur doit donc être obligatoirement envisagé dans l'interprétation des résultats obtenus au cours d'observations thermiques suivies.

3° *Les valeurs extrêmes* entre lesquelles la température varie, *à* 50 *mètres,* sont portées *à* 5°,7 *et* 8°,0, alors que précédemment elles étaient de 6°,0 et 7°,7 ([8]); l'amplitude de la variation est donc passée de 1°,7 à 2°,3.

PHYSIQUE ATMOSPHÉRIQUE. — *Sur la formation artificielle de la pluie.* Note de MM. **Edmond Brun** et **Lucien Demon**, présentée par M. Gustave Ribaud.

1. Les expériences effectuées avec de la neige carbonique et décrites dans une Note précédente ([1]) ont été reprises, dans des conditions exactement semblables, avec d'autres substances et, notamment, avec de l'air liquide. Les phénomènes observés avec la neige carbonique se sont reproduits dans le cas de l'air liquide. L'utilisation de ce produit pour déclencher une pluie artificielle n'est pas impossible.

2. L'identité des phénomènes observés avec la carboglace et avec l'air liquide nous a conduits à penser que le mécanisme suivant lequel le brouillard surfondu se transformait en neige était le même dans les deux cas. Autrement dit, la carboglace n'agirait pas à cause de sa structure cristalline comme le fait l'iodure d'argent ([2]), mais par suite du refroidissement qui accompagne la présence de ses particules.

Le mécanisme, décrit sommairement dans notre Note précédente (*loc. cit.*), pourrait être plus exactement expliqué de la façon suivante : la présence d'un aérosol de gouttelettes d'air liquide ou de corpuscules de carboglace pro-

([8]) P. Vivier, *op. cité.*

([1]) *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 505.

([2]) V. J. Schæfer, *Science*, 104, 1946, pp. 57-59; Vonnegut, *Journal of Applied Phys.*, 18, n° 7, 1947, pp. 593-597. Tandis que les cristaux d'iodure d'argent ressemblent très étroitement à ceux de la glace, ceux d'anhydride carbonique n'appartiennent pas au même système cristallin et leurs paramètres diffèrent notablement de ceux de la glace.

voque, par refroidissement, le démarrage de la sublimation sur des noyaux dont il est difficile, à l'heure actuelle, de préciser la structure. Le grossissement des noyaux se ferait au détriment des gouttelettes d'eau; il serait d'autant plus rapide que la température serait plus basse, puisque l'écart entre la pression de saturation de l'eau et celle de la glace augmente quand la température s'abaisse.

3. Il nous a paru intéressant de voir si la croissance des cristaux de glace dans un brouillard se faisait à une vitesse qui puisse expliquer la rapidité avec laquelle augmente l'opacité du brouillard au moment de la projection de neige carbonique.

A cet effet, nous avons placé, sur la platine d'un microscope, à l'intérieur de la cuve à brouillard, à -10°C., une petite cage contenant quelques cristaux. Cette cage est réalisée par l'empilement de trois anneaux sur chacun desquels a été formé un réseau de fils très fins ([3]). Le réseau intermédiaire sert de support aux cristaux; les deux réseaux extrêmes, à fils très serrés, empêchent le dépôt de gouttelettes sur les cristaux.

Nous avons pu constater :

a. qu'en l'absence de brouillard, les cristaux diminuent de volume moins vite que ne le font les gouttelettes d'eau surfondue, à la même température;

b. qu'en présence de brouillard d'eau surfondue, les cristaux s'accroissent rapidement, et cela sans qu'il y ait contact avec des gouttelettes d'eau. La plupart des cristaux ont la symétrie de l'hexagone et la conservent au cours de leur croissance. Les cristaux déjà gros (quelques microns) peuvent doubler de volume dans un temps de l'ordre de la minute.

Ces expériences paraissent justifier la théorie de la pluie de Findeisen.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Sur une nouvelle méthode concernant la localisation microchimique de l'acide chlorogénique et des tanins dans les plantes.* Note ([1]) de M. **Jean Politis**, présentée par M. Louis Blaringhem.

On ne connaît pas la distribution de l'acide chlorogénique dans les organes des plantes, comment il se forme dans les cellules et quel en est le rôle physiologique. Cependant cet acide est très répandu dans le règne végétal et l'on s'étonne vraiment de constater que, tandis qu'au sujet d'autres substances végétales, plusieurs botanistes ont publié tant de travaux, dans presque la plupart des traités de Botanique, on ne parle pas de cet acide. Le manque d'études botaniques spéciales au sujet de cette substance nous a incité à étudier sa distribution dans le règne végétal et dans les divers organes des plantes, et aussi la manière de le déceler par des réactions microchimiques.

([3]) E. Brun, L. Demon et M. Vasseur, *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 1518.

([1]) Séance du 10 novembre 1947.

La propriété que possède la solution alcaline de l'acide chlorogénique de se colorer en vert en présence de l'oxygène, a particulièrement attiré notre attention et, pour la localisation microchimique de cet acide dans les divers organes des plantes, nous nous sommes servi d'une méthode microchimique nouvelle, consistant à exposer les parties végétales examinées à l'action des vapeurs d'ammoniaque et de l'oxygène atmosphérique. Sous cette influence, l'acide chlorogénique contenu dans les cellules végétales se colore en vert.

Après cette action il faut faire des coupes minces et examiner sous le microscope. De plus, on peut porter la coupe dans une goutte d'acide sulfurique; on obtient ainsi une coloration rouge violet de toutes les parties où se trouve l'acide chlorogénique, parce que le pigment vert vire au rouge violet sous l'influence des acides. Cette réaction sert pour déceler cet acide dans le tissu assimilateur où la présence de la chlorophylle masque l'intensité de la coloration verte et rend difficile l'examen. En outre, pour préciser la répartition de l'acide chlorogénique dans le règne végétal, nous avons utilisé le procédé suivant : nous coupons les feuilles ou d'autres parties végétales examinées en petits morceaux que nous plaçons dans de petites tasses, en y ajoutant une solution d'ammoniaque à 1/5. Au bout de 10-20 heures nous examinons la solution; dans le cas de présence d'acide chlorogénique, cette solution devient verte; s'il n'y a que des composés flavoniques, elle devient jaune et en présence des tanins elle prend ordinairement une coloration brune ou rouge brun. Cette méthode, qui m'a fait connaître déjà un très grand nombre de plantes nouvelles à acide chlorogénique ou contenant des tanoïdes, dont je publierai la liste ultérieurement, rendra, par sa grande simplicité, de grands services pour déceler la présence de ces substances dans les végétaux.

Localisation des tanoïdes. — Jusqu'ici aucun des procédés connus ne peut permettre de localiser avec certitude les tanoïdes, parce que la cellule végétale contient d'autres corps qui donnent des réactions analogues; pour les mettre en relief, on utilise surtout : les sels de fer, les sels de cuivre, l'acide chromique ou les chromates, l'acide osmique, l'acéto-tungstate de soude et le bleu de méthylène. On sait que les solutions de tanins, alcalinisées et exposées à l'air, prennent des teintes foncées dues à une oxydation. Nous avons utilisé cette réaction pour l'examen de la répartition et du mode de formation cytologique des tanins dans les divers organes des plantes. A cet effet nous attachons, avec une épingle, la partie examinée à un bouchon de liège par lequel nous fermons un flacon à orifice large contenant une petite quantité de solution ammoniacale à 20 %. Au bout de 8 à 12 heures, le tanin apparaît dans les cellules, sous forme de masses de couleur brune ou rouge brun. Si l'on soumet, par exemple, les capitules de Composées de la tribu des Anthémidées à l'action des vapeurs d'ammoniaque et de l'oxygène, on constate facilement qu'au bout de quelques heures les fleurons blancs de plusieurs d'entre elles, contenant de l'acide chlorogénique (*Chrysanthemum fructicosum*, *Chr. leucanthemum*, *Chr.*

japonicum) se colorent peu à peu en jaune et finalement en vert. En outre, soumises à cette action, les fleurs blanches de plusieurs Rosacées, qui renferment des tanins (*Rosa sp.*, *Spiræa sp.*) se colorent en brun.

PHYSIOLOGIE. — *Action des curarisants de la série des éthers phénoliques de la triéthylcholine sur le ganglion cervical supérieur du Chat.* Note [1] de M^lle **France Depierre**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

Dans une Note précédente [2] nous avons décrit l'action curarisante des éthers-oxydes que forment la choline et les aminoalcools homologues avec les phénols et les polyphénols. La comparaison des éthers de l'iodure de triéthyl-β-hydroxyéthylammonium (triéthylcholine) a montré que, chez le Chien, l'action curarisante et l'action hypotensive varient en sens inverse quand on introduit dans la molécule une ou deux nouvelles fonctions ammonium quaternaires. Ces résultats nous ont incitée à rechercher l'action de ces éthers sur la transmission synaptique au niveau des ganglions sympathiques.

Nous avons utilisé comme test les réponses maxima de la membrane nictitante du Chat à l'excitation électrique des fibres sympathiques pré-ganglionnaires et post-ganglionnaires du ganglion cervical supérieur de cet animal, technique où les conseils de Miss Edith Bülbring nous ont été très utiles. La stimulation était effectuée au moyen de décharges de condensateurs à la fréquence de 16 par seconde.

Aucun des éthers considérés ne modifie la contraction provoquée par l'excitation des fibres post-ganglionnaires.

L'éther du monophénol (iodure de triéthyl-β-hydroxyéthyl-ammonium) abolit, à la dose de 2 mg/kg, la contraction provoquée par la stimulation des fibres pré-ganglionnaires. Ce composé s'avère ainsi un paralysant synaptique au moins aussi puissant que l'iodure de tétra-éthylammonium, mais son action n'est pas plus prolongée [3].

Les éthers des di- et tri-phénols (le di-iodure de di-(β-triéthylammoniuméthoxy) 1.3-benzène et le tri-iodure de tri-(β-triéthylammoniuméthoxy) 1.2.3-benzène) n'ont par contre qu'une très faible activité.

Le tableau ci-dessous montre que l'action paralysante de ces éthers de la triéthylcholine sur les ganglions sympathiques varie parallèlement à leur action hypotensive; celle-ci pourrait donc dépendre, tout au moins en partie, de cette paralysie. D'autre part cette action paralysante varie en sens inverse du pouvoir curarisant. En particulier, l'éther du tri-phénol, le 2559 F [tri-iodure de tri-(β-triéthylammoniuméthoxy) 1-2-3-benzène] n'entrave pas la transmis-

---

(1) Séance du 10 novembre 1947.

(2) *Comptes rendus*, **225**, 1947, p. 74.

(3) *J. Pharmacol.*, **87**, 1946, p. 273.

	Doses (mg/kg) par voie intraveineuse chez le Chat chloralosé			
			paralysant le ganglion cervical supér. à la ctimulation	
	curarisante.	hypotensive.	*a.*	*b.*
$C_6H_5OCH_2CH_2N(C_2H_5)_3I$	50	1–2	2–5	
1.3-$C_6H_4[OCH_2CH_2N(C_2H_5)_3I]_2$	2–5	10	50	
1.2.3-$C_6H_3[OCH_2CH_2N(C_2H_5)_3I]_3$	1–2	50	>100	>100
Tubarine	0,200	1	1	1

a. Par excitation électrique des fibres pré-ganglionnaires.
b. Par injection intra-artérielle d'acétylcholine.

sion synaptique pour des doses 50 fois supérieures aux doses curarisantes; par cela il se différencie nettement des curares naturels et de la tubarine qui (4), nous l'avons vérifié, paralysent le ganglion cervical supérieur du Chat à des doses voisines de la dose curarisante. A l'inverse également des curares et de la tubarine, le 2559 F n'inhibe pas non plus la contraction de la membrane nictitante provoquée par l'injection d'acétylcholine dans l'artère linguale suivant la méthode d'Eccles (5). Ce comportement particulier mérite d'être souligné car, à notre connaissance, on n'avait pas encore signalé de curarisant actif n'entravant pas simultanément la transmission synaptique au niveau du ganglion cervical supérieur.

HISTOPHYSIOLOGIE. — *Localisation de l'érythrocruorine chez les Planorbes et les Limnées.* Note de M^lle **Jacqueline Berthier**, présentée par M. Louis Fage.

La présence d'érythrocruorine dissoute dans le plasma sanguin de *Planorbis corneus* L. est un fait connu depuis longtemps. Il a été signalé la première fois par E. Ray Lankester (1). Mais, bien que *Planorbis* soit le seul genre, parmi les Mollusques Gastéropodes, à présenter de l'érythrocruorine dans le sang, les auteurs se sont peu attachés à en rechercher la présence hors du système circulatoire. D'autre part, chez le genre *Limnæa*, dont le liquide circulatoire renferme de l'hémocyanine, il a été décelé depuis longtemps de l'érythrocruorine dans les muscles du pharynx et de la radula, sans qu'il ait été donné d'autres précisions (2) (3). Il nous a donc semblé utile, d'une part, de rechercher si, dans *Planorbis* il existait, à côté de l'érythrocruorine sanguine, des érythro-

(4) *J. Physiol.*, 86, 1936, 10 p.
(5) *J. Physiol.*, 84, 1934, 50 p.

(1) *Proc. Roy. Soc. London*, 21, 1872.
(2) M. Florkin, *Transporteurs d'oxygène*, Paris, 1934.
(3) F. Kruger, *Biologia généralis*, 15, 1941.

cruorines tissulaires et, d'autre part, de préciser la localisation de l'érythrocruorine tissulaire chez *Limnæa*.

Érythrocruorine tissulaire chez Planorbis. — Grâce à l'examen au microspectroscope, complété par la réaction peroxydasique benzidine acidifiée-eau oxygénée préconisée par Prenant (4), nous avons constaté chez *Planorbis corneus* L., *P. vortex* L. et *P. contortus* L. la présence d'érythrocruorine :

1° dans les muscles du pharynx ou de la radula, sous forme diffuse. Ce fait, non connu dans cette espèce, l'était chez d'autres Mollusques : Limnée, Chiton, Helix, Paludine, Buccin, Aplysie (Ray Lankester, M. Prenant);

2° dans la paroi musculaire rouge de l'estomac;

3° dans la gaine conjonctive entourant le système nerveux sous forme de granulations, fait non signalé chez *Planorbis* mais connu chez *Buccinum* (H. M. Fox, communication orale de Miss Walshe). Un fait analogue se rencontre chez un certain nombre d'Annélides Polychètes (C. Bloch-Raphaël) (5).

Le spectre d'absorption observé est sensiblement le même que celui du sang de *Planorbis corneus* : bande α, 565-585$^{m\mu}$ (axe 575$^{m\mu}$ env.), bande β, 525-553$^{m\mu}$ (axe 539$^{m\mu}$ env.). La réduction par l'hydrosulfite de sodium ammoniacal donne la bande de Stokes, et l'addition ultérieure de pyridine donne un hémochromogène pyridinique banal. Mais une étude spectrographique précise que nous commençons permettra de savoir s'il existe des différences notables entre les spectres d'absorption du sang et des organes ou des organes entre eux.

Érythrocruorine tissulaire chez Limnæa. — La même technique employée chez *Limnæa stagnalis* L., *L. auricularia* L., *L. limora* L. et *L. palustris* M., a permis de préciser que : 1° les muscles du pharynx et de la radula; 2° la paroi musculaire de l'estomac; 3° la gaine conjonctive du système nerveux, contiennent de l'érythrocruorine. Le fait n'était connu que pour les muscles du pharynx et de la radula (Ray Lankester, M. Prenant).

Les spectres d'absorption présentent de grandes analogies avec ceux qu'on observe chez *Planorbis*. Une étude spectrographique montrera s'il existe des différences spécifiques.

Présence d'un hémochromogène chez Planorbis. — La présence d'un pigment rouge colorant le fluide capsulaire où baignent les œufs est un fait bien connu (Hazay, cité par Nekrassov). M. Prenant (4) a signalé la réaction peroxydasique de ce fluide. A priori il était logique de supposer qu'il s'agissait d'hémoglobine. Or il n'en est rien. Le spectre d'absorption est celui d'un hémochromogène comparable à l'hélicorubine : bande α : λ 563$^{m\mu}$ F., bande β : λ 532$^{m\mu}$ F. environ.

La réaction benzidine acétifiée-eau oxygénée faite à pH 5,4 environ, positive pour les peroxydases leucocytaires (5), est également positive ici. Mais la

(4) *Arch. Morph. gén. exp.*, **21**, 1924.

(5) *Thèse*, Paris, 1939.

réaction faite à pH 4 environ ([6]), positive pour l'hémoglobine du sang de *Planorbis*, est négative pour le fluide de la capsule, ce qui confirme qu'il ne s'agit pas d'hémoglobine.

La glande de l'albumine, elle aussi, contient un pigment rouge, mais sa teinte est plus ou moins intense. Rouge vif et gonflée avant la ponte, rose et flasque ensuite, elle présente le même spectre à deux bandes (563 et 552 env.) que le fluide capsulaire. Donc celui-ci est sécrété par la glande de l'albumine. Cette dernière ne donne aucune réaction peroxydasique. Par conséquent il doit exister une peroxydase associée à l'hémochromogène capsulaire. Chez *Limnæa*, le pigment légèrement jaunâtre colorant ce fluide donne une réaction peroxydasique, mais le spectre est trop faible pour qu'on puisse indiquer la position des bandes.

Ainsi, à côté d'une différence importante : présence d'érythrocruorine dans le plasma sanguin de *Planorbis* et d'hémocyanine dans celui de *Limnæa*, il existe entre les deux genres une ressemblance frappante : présence d'érythrocruorine tissulaire dans les mêmes organes : muscles du pharynx et de la radula, muscles de l'estomac, gaine conjonctive du système nerveux. Chez *Planorbis*, nous avons mis en évidence un hémochromogène dans le fluide de la capsule où baignent les œufs et dans la glande de l'albumine qui en est le lieu de sécrétion.

GÉNÉTIQUE. — *Résultats d'une analyse quantitative de la transmission héréditaire d'un caractère partiellement lié au sexe.* Note ([1]) de Mlle GERMAINE COUSIN, présentée par M. Maurice Caullery.

Les résultats de l'analyse quantitative, résumés dans le tableau p. 961, concernent la transmission, partiellement liée au sexe, d'un caractère spécifique. Les hybrides étudiés sont issus des croisements F_2 et *back-cross*, réalisés à la suite de l'hybridation de *Gryllus campestris* (C) et *G. bimaculatus* (B). L'analyse porte sur la grandeur relative de la hauteur de la face, *Th*, chez les mâles, en fonction d'un groupement linéaire de sept principaux caractères $\Sigma 7_x$. Ce caractère composite est très stable et il a la même valeur chez les deux espèces croisées. Les coefficients de covariation de taille de $\Sigma 7_x$ avec tous les caractères sont très élevés. Ils sont légèrement supérieurs à ceux qui sont obtenus avec le facteur général de Spearman. Le calcul des coefficients de corrélation, à $\Sigma 7_x$ constant, permet de mettre tout de suite en évidence et d'évaluer en première approximation l'influence des facteurs de groupe qui lient certains caractères.

([6]) M. CABE (technique non publiée), 1947.

([1]) Séance du 10 novembre 1947.

Les caractéristiques de *Th* et de $\Sigma 7_x$ dans les différents groupes hybrides sont données dans le tableau suivant, où *n*, désigne le nombre d'individus; *m*, la moyenne; *v*, l'indice de variabilité.

		C.	B.	CB.	BC.	C × CB.	C × BC.	CB × C.
n		201	274	147	200	33	84	115
Th	*m* (mm)	8,10	6,20	8,27	7,26	8,18	8,35	7,94
	v	8,95	9,07	11,09	9,62	6,76	9,64	10,03
$\Sigma 7_x$	*m* (mm)	60,9	60,9	66,1	64,6	62,9	65,7	64,4
	v	6,69	7,32	8,18	7,10	6,14	6,49	5,77

		BC × C.	CB × B.	BC × B.	B × CB.	B × BC.	CB × CB.	BC × BC.
n		87	41	104	86	80	117	121
Th	*m* (mm)	6,64	6,52	6,55	6,40	7,37	7,07	7,55
	v	11,58	11,79	10,12	9,07	9,51	14,62	13,24
$\Sigma 7_x$	*m* (mm)	60,9	60,4	61,3	62,1	60,4	61,8	64,5
	v	6,46	9,38	8,56	6,45	6,79	9,99	8,91

Pour tenir compte de la fluctuation des deux caractères, la variabilité des groupes a été calculée d'après les écarts individuels autour de la ligne figurative du groupe hybride intermédiaire BC, au moyen de la formule

$$\frac{R_1}{R_t} = \left[\frac{y_1}{\bar{y}}\left(\frac{\bar{x}}{x_1}\right)^{\alpha}\right]^{\frac{\alpha+1}{\alpha^2+1}}$$

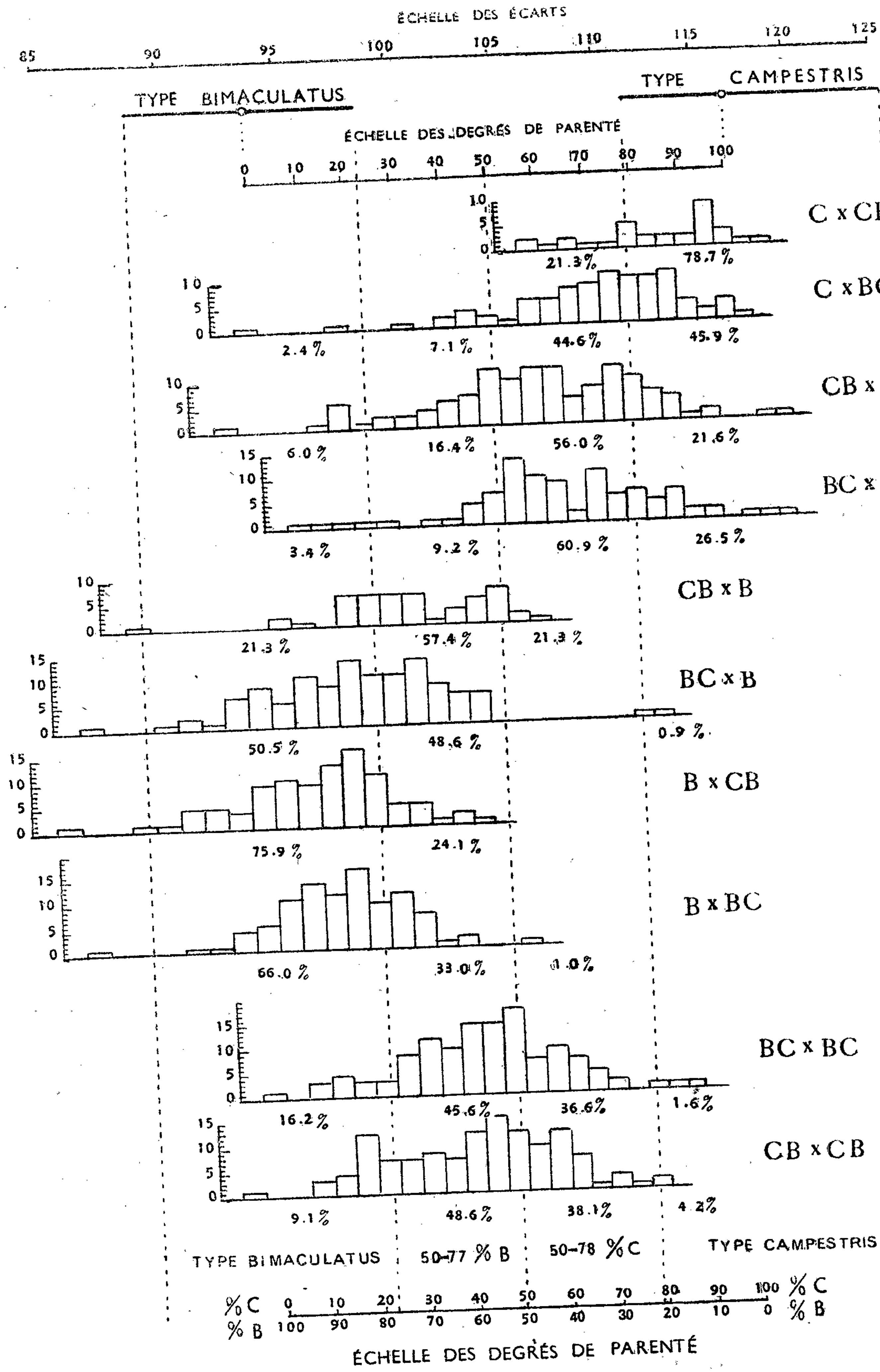
que j'ai donnée pour le calcul des moindres écarts ([2]).

Dans le tableau ci-dessous, l'échelle logarithmique supérieure (échelle des écarts) représente la série des rapports R_1/R_t allant de 85 % à 125 %. Pour une valeur de *Th* correspondant exactement à la grandeur prévue par la relation d'allométrie, le rapport est égal à 100 %. Une deuxième échelle permet d'évaluer approximativement les degrés de parenté du caractère. Elle comporte 10 divisions égales, établies entre les écarts à la droite figurative des points centraux de C et de B. En outre, les écarts des rapports extrêmes du groupe C et du groupe B représentent les limites des deux types morphologiques spécifiques C et B (B légèrement décalé, en raison des différences dans les α).

Tout hybride dont le rapport R_1/R_t accuse un écart à la droite de référence égale à celui du point central de B ou de C est considéré respectivement comme 100 % B ou 100 % C. De gauche à droite, les parties du tableau délimitées par des verticales pointillées représentent des degrés de parenté, dont les valeurs s'échelonnent : à gauche, 1° de 77 à 100 % et au delà, ce qui correspond au type spécifique B ; 2° de 50 à 77 % B et, à droite, 3° de 50 à 78 % C, ce qui correspond aux hybrides intermédiaires entre B et C; 4° de 78 à 100 % et au delà, ce qui correspond au type spécifique C. Pour les dix polygones de fréquence, le nombre

---

([2]) *Mém. Acad. Sc.*, **64**, 1941, p. 38.



des individus dans chacune des portions de l'échelle de parenté est indiquée en pour 100 du nombre total des représentants du groupe.

En résumé, le tableau précédent met en évidence : 1° une différence des deux espèces initiales pour le caractère *Th*; 2° une ségrégation quantitative du caractère *Th.* se traduisant par des degrés variés de parenté, liés à la combinaison génétique des croisements F_2 et *back-cross*, alors que, pour ce même caractère, les hybrides F_1, des deux sexes, se groupent en trois populations homogènes.

BIOLOGIE. — *Extraction d'un antibiotique du mycélium d'*Actinomyces griseus. Note ([1]) de MM. **Pierre Goret, Louis Joubert, Fernand Boyer** et Mme **Françoise Grumbach**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

Au cours d'une recherche portant sur le pouvoir antibiotique et l'action thérapeutique, en pathologie animale, des *jus bruts* obtenus des milieux de culture de *P. notatum, A. griseus, B. brevis, B. subtilis,* et devant la difficulté d'obtention d'un *jus* possédant un taux suffisamment élevé de streptomycine, l'un de nous songea à extraire directement cette substance du mycélium d'*A. griseus* et à utiliser pour cela la technique préconisée par A. Boivin et L. Mesrobeanu pour l'extraction des antigènes glucido-lipidiques des bactéries gram-négatif.

Les tout premiers résultats obtenus sont très encourageants et nous autorisent aujourd'hui à publier nos premières observations.

Une culture d'*A. griseus* (souche Dubos) de 8 jours, sur le milieu que nous employons habituellement ([2]), a été utilisée pour nos essais. Le jus brut est décanté. Il titre 75 U/cm^3. Les voiles sont recueillis, lavés à l'eau physiologique, ils sont pesés et broyés au mortier. On prépare alors une suspension comprenant 1^g de corps microbiens pour 1$^{cm^3}$ d'eau bidistillée. On ajoute à cette suspension un volume égal d'une solution d'acide trichloracétique demi-normal; on agite énergiquement pendant quelques minutes et on laisse reposer 3 heures 30 minutes à la glacière. Au bout de ce temps la suspension est centrifugée. L'extrait trichloracétique, recueilli et ramené à pH 7 par la soude, est divisé en 3 lots. L'un est laissé tel quel (extrait A); le deuxième est filtré sur bougie L 3 (extrait B) et le troisième (extrait C) est formolé à 1 pour 10000 et chauffé 1 heure à 56° suivant la technique décrite par Ramon et Richou. Tous trois sont titrés après un séjour de 24 heures à la glacière.

Nous avons recueilli 50^g de voile humide après lavage à l'eau physiologique. La quantité de jus brut décanté des milieux de cultures était de 1500$^{cm^3}$ environ.

Le titre en unités antibiotiques est évalué par rapport à celui d'une streptomycine étalon.

La quantité d'antibiotique trouvée dans les trois fractions est très supérieure à celle qui se trouve dans le jus de culture. La filtration ne diminue pas le titre; le chauffage de l'extrait formolé semble détruire très peu d'antibiotique.

Nos premiers essais *in vitro* et *in vivo* confirment l'activité de cette substance.

L'intérêt du procédé d'extraction paraît donc évident. Nous poursuivons nos recherches et nous nous proposons :

([1]) Séance du 10 novembre 1947.

([2]) Glucose, 10^g; peptone, 5^g; Autolysat de levure, 5^g; ClNa, 5^g; eau, 1000$^{cm^3}$.

1° De compléter ces premiers résultats et de rechercher l'activité comparée, *in vitro* et *in vivo*, de l'antibiotique extrait du voile et de celui extrait du milieu de culture, vis-à-vis des différents germes et particulièrement du bacille tuberculeux;

2° De préciser si la substance antibiotique extraite des voiles est semblable à celle qui est extraite des jus de cultures (s'agit-il du même antibiotique accumulé dans le voile, ou de constituants propres du mycélium ?);

3° D'appliquer cette méthode d'extraction aux autres microorganismes producteurs de substances antibiotiques.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *La survie expérimentale d'organites d'Urodèles en milieu synthétique, antiseptique et nutritif.* Note de M. **J.-André Thomas** et M^lle **Isabelle Borderioux**, présentée par M. Robert Courrier.

Poursuivant ses recherches sur la survie expérimentale d'organites d'animaux aquatiques, l'un de nous a développé un procédé d'analyse morphogénétique de fragments non stériles, survivant dans un milieu synthétique, rendu suffisamment antiseptique par la présence de sulfamide et de pénicilline, et pourvu de substances nutritives (1).

Dans la solution physiologique seule, l'infection bactérienne des fragments est relativement rapide et progressive, en tout cas importante du 3e au 6e jour. Elle est, par contre, extrêmement faible et pratiquement négligeable, même en présence des facteurs nutritifs qui favorisent éminemment l'infection, si le milieu renferme les produits antiseptiques. Des substances dites antisulfamides sont probablement libérées, mais tout se passe comme si elles ne modifiaient pas de façon appréciable l'effet antimicrobien. Il arrive, assez rarement, que des spores de champignons se développent en milieu antiseptique, mais il suffit d'éliminer les organites infectés pour conserver indemnes les autres.

Dans de telles conditions, divers petits fragments prélevés au Triton adulte (*T. cristatus* Laur., *vulgaris* Laur., *palmatus* Schneid.): parties de membres antérieurs et postérieurs, notamment doigts, région métacarpienne et métatarsienne, blastèmes et ébauches de membres en régénération, survivent trois semaines, parfois près de quatre.

L'évolution morphogénétique débute peu après la mise en survie. La surface de section est cicatrisée rapidement. Lorsque les lèvres de la plaie restent coaptées, la cicatrisation par première intention est opérée en quelques heures. Dans le cas des larges plaies béantes, les lèvres s'enroulent et se rapprochent; les tissus profonds sont bientôt recouverts d'une nappe de

---

(1) J.-André Thomas, *Comptes rendus*, **213**, 1941, pp. 85-88 et 252-254; **225**, 1947, pp. 148-150.

faisceaux et de fibres collagènes, à l'édification de laquelle participe la trame de diverses structures d'origine conjonctive, y compris celle des gaines musculaires, celle du cartilage et de l'os en remaniement. Des surfaces mesurant parfois plus de 4 millimètres carrés peuvent ainsi être comblées, puis épidermisées en 1 à 2 jours. Des cellules pigmentaires envahissent activement le moignon cicatriciel.

Au cours de leur survie expérimentale, les fragments pourvus de squelette ne changent pas notablement de forme; ceux qui n'en ont pas subissent une dédifférenciation structurale très importante. Par exemple, les blastèmes de régénération jeunes et surtout les branchies des larves de *Salamandra maculosa* Laur, que nous avons étudiées aussi, se transforment peu à peu en masses globuleuses.

D'une manière générale, les vaisseaux contenant du sang conservent sensiblement leur disposition pendant 2 semaines. Ultérieurement, le sang diffuse et la vascularisation devient inapparente.

Les fragments finissent par diminuer quelque peu de volume. Ce processus est corrélatif d'une lente et tardive dégénérescence. Celle-ci peut s'accompagner de la libération d'une substance blanchâtre qui se dissout dans l'eau et qui est, selon toute vraisemblance, d'origine conjonctive. Ces phénomènes survenant chez des Vertébrés, sont tout à fait comparables à ceux que l'un de nous a étudiés chez les Echinodermes.

Au cours de leur évolulion *in vitro*, les fragments rénovent et, en même temps, régularisent toujours leur épiderme. Une mue de la totalité de l'épiderme survient vers la fin de la première semaine; la couche rénovée est parfaitement normale. Un même fragment peut muer jusqu'à trois fois de suite. Il nous semble que, par notre procédé, ce mécanisme est analysable de façon expérimentale.

Les glandes cutanées restent d'apparence fonctionnelle pendant une douzaine de jours. Au bout d'une quinzaine, les cellules musculaires se dissocient plus ou moins et tendent à se dédifférencier en partie. Corrélativement, les structures collagènes se développent de façon considérable. Des nappes de croissance cartilagineuse et osseuse s'observent; ensuite, la substance fondamentale de ces tissus entre en raréfaction.

Conclusions. — Le procédé, très simple, de la survie expérimentale d'organites non stériles en milieu synthétique, antiseptique et nutritif permet donc une analyse de plusieurs processus morphogénétiques, comme la cicatrisation, la mue, diverses évolutions tissulaires, etc. Les substances antiseptiques ajoutées ne modifient pas sensiblement ces mécanismes. Les facteurs nutritifs sont vraisemblablement utilisés; en leur présence, la cicatrisation est plus rapide et la croissance conjonctive amplifiée. En outre, la dégénérescence est retardée.

BIOCHIMIE COMPARÉE. — *Présence de la phosphoarginine dans les spermatozoïdes de Mammifères.* Note ([1]) de MM. **Jacques Wajzer** et **Michel Brochart**.

La présence d'une fraction facilement hydrolysable de phosphore dans le sperme a été souvent constatée, et dernièrement encore par T. Mann ([2]). En essayant d'identifier cette fraction, nous nous sommes aperçu que sa teneur en phosphore était parfois plus élevée que l'équivalent de créatine, dosée simultanément par la réaction de Jaffe. Nous nous sommes assurés que cela était dû à la présence d'un second phosphagène. En effet, le sel de baryte soluble dans l'eau et insoluble dans l'alcool, isolé de l'extrait perchlorique du sperme de Mammifères, contient une proportion considérable de phosphoarginine.

Après séparation du baryum, l'arginine a été caractérisée de la façon suivante :

1° La réaction de Sakaguchi est positive.

2° Le point de fusion du picrolonate au bloc Maquenne est identique à celui du picrolonate d'arginine pure, 242°.

3° L'arginase dégage de l'urée, mise en évidence par la réaction au xanthydrol.

D'autre part, nous avons isolé une fraction de sels barytiques contenant les deux phosphagènes ensemble. Une préparation de sperme de Verrat, séparée de l'hexosemonophosphate par double fractionnement à l'alcool à 36 % contenait 46^{γ} de phosphore créatinique (chiffre de Fiske); après hydrolyse de vingt heures à 38° en HCl 0,1 N, 79^{γ} de P directement dosable, soit en plus 33^{γ} correspondant à la phosphoarginine.

Nous avons fait la synthèse de la phosphoarginine par les extraits de testicule de Cobaye et de sperme de Verrat. Elle sera décrite prochainement.

La phosphoarginine est considérée comme le phosphagène des Invertébrés, la phosphocréatine étant celui des Vertébrés. La présence simultanée des deux phosphagènes dans un même organisme a été signalée seulement chez les Échinoïdés et les Hémichordés, considérés comme précurseurs phylogénétiques des Vertébrés ([3]). Il nous paraîtrait osé de voir dans l'anomalie des spermatozoïdes un reflet ontogénétique de cette règle. Cette anomalie pourrait s'expliquer par le mode de locomotion des spermatozoïdes.

([1]) Séance du 13 octobre 1947.

([2]) *Bioch. Journ.*, 39, 1945, p. 451.

([3]) D. M. Needham, J. Needham, E. Baldwin, et J. Yudkin, *Proc. R. Soc.*, B, 110, 1932, p. 260.

IMMUNOLOGIE. — *Nature de l'hémolysine antimouton du sérum de Cheval.* Note de MM. **Jean-Jacques Pérez, Georges Sandor** et Mlle **Cécile Sergent**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

L'un de nous a montré que la plupart des anticorps antibactériens se concentrent avec les *euglobulines de dialyse*, tandis que les antitoxines sont exclusivement de nature pseudo-globuliniques ([1]). Plusieurs exemples en ont été donnés ici même, exemples qui illustrent en même temps le fait que les anticorps paraissent être, en général, des fractions protéidiques particulières ([2]). La présente Note apporte une confirmation nouvelle de ces règles immunologiques : les hémolysines antimouton du sérum de Cheval paraissent supportées, en effet, par une fraction euglobulinique qui, dans des conditions données, précipite dans une zone de pH relativement restreinte.

En vue d'isoler les hémolysines, nous avions, en premier lieu, utilisé la même technique que celle qu'a décrite et utilisée l'un de nous (*loc. cit.*). Cette technique, rappelons-le, consiste à dialyser le sérum contre de l'eau distillée : on obtient ainsi une première fraction euglobulinique; puis, par acidification des eaux mères, on isole une deuxième fraction. Ces fractions correspondent respectivement aux euglobulines E_1 et E_2 isolées par Hewitt ([3]). Dans le cas présent, cette méthode nous a donné des résultats très inconstants. Si elle a montré que les hémolysines étaient entraînées avec les euglobulines, elle n'a pas permis de les localiser dans l'une plutôt que l'autre des deux fractions euglobuliniques, et cela d'autant moins que la répartition des hémolysines entre ces deux fractions variait, avec un sérum, d'une expérience à l'autre. Nous avons alors été conduits à modifier la technique de la façon suivante : on isole une première fraction par une dialyse de quelques heures seulement contre de l'eau bi-distillée (euglobulines 1A); cette fraction recueillie, on poursuit la dialyse pendant trois jours encore, à la glacière, contre de l'eau bi-distillée, puis on dilue le sérum au 1/5 de son volume primitif par addition d'eau bi-distillée. On obtient ainsi un nouveau précipité (euglobulines 1B). En acidifiant les eaux mères de 1B avec de l'acide acétique N/5, on voit se produire une précipitation dont l'optimum est à pH 6,2 — 6,4 (euglobulines 1C). Une acidification plus poussée amène une nouvelle précipitation à pH 5,2 — 5,4 (euglobulines 2).

Des résultats, strictement reproductibles, réunis dans le tableau ci-dessous, il ressort très nettement que la totalité de l'activité hémolytique est prati-

---

(1) G. Sandor, *Bull. Soc. Chim. biol.*, 29, 1947, p. 164.

(2) G. Sandor et M. Bessis, *Comptes rendus*, 223, 1946, p. 962; G. Sandor et P. Giroud, *ibid.*, 225, 1947, p. 704; G. Girard et G. Sandor, *ibid.*, 224, 1947, p. 1076.

(3) *Biochem, Journ.*, 32, 1938, pp. 26 et 1540.

quement entraînée avec l'euglobuline 1C et cette fraction ne représente que le 1/50 environ des protéides totaux du sérum.

Répartition des hémolysines dans les fractions protéidiques.

Désignation des fractions.	pH de la précipitation.	N protéidique ‰ de sérum.	Pouvoir hémolytique (*).
Sérum 1	—	—	1/64
Euglobulines 1A	7,7	0,36	1/4
» 1B	7,4	0,07	1/2 à 1/4
» 1C	6,4	0,22	1/32 à 1/64
» 2	5,4	0,23	1/4
Pseudoglobulines + Albumine	—	—	1/2

(*) Les chiffres indiquent la plus grande dilution de chaque fraction (amenée au volume du sérum primitif) qui produit une hémolyse totale d'une quantité donnée de globules en présence d'une même quantité de complément. Les chiffres 1/2 à 1/4 signifient dilution comprise entre 1/2 et 1/4.

Il est intéressant de remarquer que l'optimum de précipitation de la fraction active se situe entre pH 6,2 et 6,4, pH qui est celui du point isoélectrique des γ-globulines donné par Tisélius (4), et ces γ-globulines seraient, d'après Cohn, les immunoglobulines. Or, on a toujours contesté qu'au caractère d'euglobuline corresponde une définition physico-chimique précise; il semblerait que, au point de vue immuno-chimique, au contraire, l'euglobuline corresponde à une fraction bien déterminée.

A 15h45m l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16h35m.

A. Lx.

(4) *Biochem. Journ.*, 31, 1937, p. 1464.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE

Ouvrages reçus pendant les séances d'octobre 1947 (*suite et fin.*)

Carte géologique de la côte française des Somalis à l'échelle du 500000e. *Notice explicative*, par Henri Besairie. Paris, Imprimerie nationale, 1946; 1 fasc. 23cm,5 et 1 carte 70cm × 67cm au 400000e.

Gouvernement général de Madagascar et Dépendances. *Annales géologiques du Service des Mines.* Fascicule n° XII. *La géologie de Madagascar en* 1946, par Henri Besairie. Paris, Imprimerie nationale, 1946; 1 fasc. 27cm.

Ministère des Travaux publics et des Transports. Institut géographique national. *France. Carte au* 20000e. *Édition en couleurs;* 1 pl. 89cm × 74cm à l'échelle du 1600000e.

Id. — *France. Carte au* 50000e *en couleurs. — Carte au* 80000e. *Situation des révisions. — France. Carte au* 200000e. *Type* 1912 *et Type* 1912-1942. — *Maroc. Carte au* 50000e. *Type* 1922. — *Maroc. Carte au* 100000e. *Type* 22. — *Algérie, Tunisie. Carte au* 50000e. — *Algérie, Tunisie et Régions sahariennes. Carte au* 200000e. — *Croquis de l'Afrique française au* 1000000e. — *Afrique. Carte au* 200000e. — *Carte générale du Monde. Régions arctiques. — Guyane. Carte au* 50000e. — *A.O.F. au* 200000e *du Sénégal, du Soudan français, de la Guinée française et de la Côte d'Ivoire;* 12 pl. 60cm × 44cm,5.

Carte géologique internationale de l'Afrique exécutée conformément aux vœux du Congrès géologique international (XIIIe session, Bruxelles, 1922), dressée et publiée par le Bureau d'études géologiques et minières coloniales, à l'échelle du 500000e. Feuille n° 3, 99cm,5 × 84cm,5.

Faculté de médecine de Paris. Chaire de Pathologie exotique. *Leçon inaugurale* du Professeur Lavier. Paris, l'Expansion scientifique française, 1947; 1 fasc. 21cm.

Physique des liaisons. I. *La théorie ellipsoïdale des liaisons ondulatoires. Diffraction par un mur. Confrontation avec les théories de Fresnel, Kirckhoff et Sommerfeld,* par Jean Dreyfus-Graf. Lausanne, Librairie F. Rouge et Cie, 1946; 1 fasc. 23cm,5

Ephémérides nautiques ou *Extrait de la Connaissance des temps pour l'an* 1948. Ouvrage publié par le Bureau des longitudes spécialement à l'usage des marins. Paris, Gauthier-Villars, 1947; 1 vol. 24cm.

Charles Barrois, 1851-1939, par Charles Jacob. Extrait de *Royal Society of London.* London and Edimburg, Morrisson and Gibb Ltd; 1 fasc. 25cm.

L'Union internationale de physique pure et appliquée. Paris, 1947; 1 fasc. 24cm.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 24 NOVEMBRE 1947.

PRÉSIDENCE DE M. LOUIS BLARINGHEM.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Secrétaire perpétuel** dépose sur le Bureau de l'Académie le volume X, deuxième série, des *Œuvres d'Euler*, publiées par la Société Helvétique des Sciences naturelles.

PHOTOPHORÈSE. — *Remarques sur l'explication des phénomènes de photophorèse à propos d'une Note de* M. Pierre Tauzin. Note (1) de M. **Aimé Cotton**.

La Note de M. Tauzin (2) concerne le phénomène d'électrophotophorèse où l'on observe le mouvement d'une particule (fumée d'arc au cuivre) vivement éclairée et soumise à l'action d'un champ électrostatique alterné normal à la direction du faisceau lumineux éclairant. L'auteur montre d'abord, d'une façon décisive, que si l'on cherche à expliquer les faits en admettant que cette particule de cuivre porte des charges électriques, il est nécessaire de lui attribuer des charges apparentes positives ou négatives plus petites en valeur absolue que celle d'un électron.

Dans un article des *Annales de Physique* (3) M. Tauzin a publié l'exposé qu'il a fait le 28 janvier 1947 au Séminaire de M. Louis de Broglie à l'Institut Henri Poincaré. Il avait déjà publié des photographies où il utilisait la technique consistant à couper pendant une durée d'une demi-seconde, le faisceau éclairant, alors que le champ électrique alterné a comme période environ deux secondes. Sur le tracé photographique, la courbe indiquant le mouvement de la particule porte des interruptions, de sorte que l'on peut voir le déplacement qu'elle a subi pendant qu'elle était soustraite à l'action du faisceau de lumière intense. M. Tauzin avait pu obtenir ainsi de nombreux clichés.

Ceux qu'il publie aujourd'hui ont été beaucoup plus difficiles à obtenir et ont nécessité des essais de plusieurs mois. M. Tauzin, en effet, comme il l'avait projeté, fait maintenant intervenir, avant que la particule ait été exposée à la

---

(1) Séance du 10 novembre 1947.

(2) Voir Note de M. Tauzin, p. 995.

(3) Cet article a été publié dans le cahier de septembre-octobre des *Annales de Physique*, 12e série, 2, 1947, p. 457.

lumière intense, un champ électrostatique afin d'être certain qu'elle est bien au début à l'état neutre. Ceci fait, il la soumet à l'action de la lumière et du champ alterné; la particule oscille. Puis il fixe sur elle un électron en approchant un sel de radium. La chose est facile d'habitude, mais l'intervention du champ alterné a privé le gaz ambiant des ions qui facilitaient l'opération au fur et à mesure de leur formation, et il a fallu faire de nombreux clichés avant d'en obtenir qui permettent de comparer la charge attribuable à l'électrophotophorèse seule à celle due à un électron. Le résultat de la comparaison est que la première est nettement plus petite, comme l'avaient affirmé M. Ehrenhaft et ses collaborateurs. *Ce résultat est ainsi établi par une méthode nouvelle où l'on n'a pas à considérer la forme et la densité de la particule étudiée.*

Pour vérifier que la capture est bien celle d'une charge électronique, M. Tauzin fait d'autre part des clichés dans les mêmes conditions en répétant l'expérience classique de Millikan dans laquelle c'est à une gouttelette d'huile qu'on communique une charge d'un électron par l'approche d'un sel de radium. L'huile ne présente pas de photophorèse : on le constate une fois de plus.

Mais l'observation des coupures des tracés apporte un autre renseignement important. Pendant l'extinction temporaire du faisceau lumineux, la particule de cuivre qui a subi l'action de l'électrophotophorèse est soumise à la seule action de la pesanteur. On la retrouve sur la même verticale qu'avant l'interruption. Au contraire, si le cuivre a pris en outre une charge électronique, on voit que la particule a continué d'être déviée pendant qu'elle était dans l'obscurité, comme cela se serait passé pour une gouttelette d'huile. *Si donc on veut attribuer l'électrophotophorèse à des charges prises par la particule, il est nécessaire d'admettre que ces charges n'ont qu'une existence éphémère et disparaissent aussitôt que le faisceau lumineux est éteint* ([4]).

L'hypothèse qu'on avait faite de charges prises par la particule lors du choc du photon, hypothèse que j'avais admise moi-même dans une Note aux *Comptes rendus* (223, 1946, p. 833), soulevait déjà une autre difficulté. M. Ehrenhaft, dans son article des *Annales de Physique* (13, 1940, p. 170), a signalé les travaux faits à Prague par Fürth et ses élèves sur l'électrophotophorèse. L'un d'eux, Wilsinger, avait trouvé, dès 1931, et d'autres avaient retrouvé, sur certaines particules (tellure, antimoine), que lorsqu'on fait croître la grandeur du champ électrique, la vitesse d'électrophotophorèse augmente d'abord avec le champ, mais qu'elle atteint vite une saturation. Au contraire, elle paraît bien croître constamment avec l'intensité du faisceau lumineux.

On pourrait trouver d'autres origines aux charges électriques que la particule semble prendre momentanément. Mais il se peut aussi que les déviations qu'elle subit aient une autre cause. Je crois que le fait que les particules étudiées sont toujours en suspension dans un gaz joue un rôle important. *On peut*

([4]) *Comptes rendus*, **223**, 1946, p. 833.

se demander si les molécules de ce gaz, animées de grandes vitesses, qui, en venant heurter les particules, produisent leurs mouvements browniens, ne peuvent, au moins dans certains cas, communiquer à ces particules elles-mêmes les vitesses que l'on observe.

Je me bornerai à montrer en considérant la magnétophotophorèse que l'on doit envisager cette hypothèse. Supposons que parmi les molécules du gaz il y en ait qui portent des charges électriques (au moins pendant que la lumière intervient). N'introduisons aucun champ électrostatique extérieur, mais soumettons le gaz à un champ magnétique. Pour peu que l'agitation thermique mette en mouvement l'une de ces molécules qui se comporte comme un projectile électrisé invisible, une force électromotrice agit sur elle. Cette force existe toujours, sauf dans le cas où la vitesse est dirigée suivant les lignes de force du champ magnétique. Si la vitesse est dirigée dans le plan perpendiculaire à ces lignes, la perturbation introduite est au contraire la plus grande possible, et elle tend constamment à modifier la direction de la vitesse mais en la laissant dans le plan considéré : la trajectoire de la molécule est fortement modifiée. Les mêmes remarques sont valables si l'on considère au lieu d'une molécule, une des particules que l'on étudie, si elle porte elle-même, lorsqu'elle est éclairée, une charge électrique.

Ces suggestions nécessiteraient des études théoriques. Des expériences pourront montrer d'ailleurs si elles méritent d'être examinées : On pourra voir ce qu'il advient, si M. Tauzin réussit, comme il l'espère, à étudier les phénomènes dans des vides très poussés. On pourra voir aussi si un champ magnétique modifie l'électrophotophorèse, s'il n'a pas une action sur les mouvements browniens eux-mêmes, si la présence d'ions dans le gaz favorise de même les phénomènes de magnétophotophorèse, etc.

Lors de nos observations des mouvements browniens des particules colloïdales à l'ultramicroscope, nous avions essayé, Henri Mouton et moi, de voir s'ils seraient modifiés par des champs magnétiques. Avec un champ uniforme de 13000 gauss nous n'avions rien constaté, mais nous n'avions fait qu'un examen d'ensemble, or ce sont des *mesures* qui peuvent seules mettre en évidence l'existence de directions privilégiées.

Dans le cas des liquides, ces mesures dans un champ magnétique n'ont pas été faites à ma connaissance. Mais je dois signaler que parmi les travaux faits à Prague dont il est parlé plus haut, un élève de Fürth ([5]), Kolb, avait étudié le mouvement brownien des particules d'un sol d'or soumis à l'action d'un faisceau intense de *lumière polarisée* et trouvé que les vitesses moyennes mesurées pour les particules n'étaient plus les mêmes dans toutes les directions. Les

---

([5]) Voir l'article de Kolb dans le *Physikalische Zeitschrift*, 39, 1938, M. Ehrenhaft avait signalé ce Mémoire dans son article des *Annales de Physique*, **13**, 1940, p. 170; un lapsus sur le sens des actions a été corrigé ici.

mouvements browniens restaient sensiblement les mêmes qu'en lumière faible dans la direction du vecteur magnétique de l'onde incidente, tandis que dans la direction du vecteur électrique et dans celle de l'axe du faisceau lumineux, les vitesses étaient réduites d'environ 20 %.

On voit que c'est seulement quand on considère des valeurs *moyennes*, et en l'absence d'un champ extérieur, même faible, capable de modifier les mouvements de projectiles électrisés, que l'on peut admettre que les mouvements browniens sont essentiellement désordonnés et que le milieu est assimilable à un milieu visqueux *isotrope*.

Dans le cas du champ magnétique, les projectiles considérés sont moins gênés que dans tous les autres cas si les vitesses sont dirigées suivant les lignes de force, et cela dans un sens comme dans l'autre. C'est cela qui permet d'expliquer les faits qu'Ehrenhaft a observés, avec sa méthode d'étude très sensible, et qui l'ont conduit à admettre l'existence de pôles magnétiques isolés. Dans le cas du champ électrique (électrophotophorèse), la direction des lignes de force est encore une direction privilégiée, mais c'est cette fois une force nouvelle qui s'exerce précisément dans cette direction, et il faut considérer le signe des charges. Ici encore, et même dans le cas de la photophorèse où la lumière intervient seule, il faut, je crois, tenir grand compte de ces projectiles invisibles que constituent les molécules du gaz ambiant.

M^lle **Simone De Wildeman** fait hommage à l'Académie d'une série de tirages à part représentant les derniers travaux botaniques de son père, Émile De Wildeman.

PRÉSENTATIONS.

Dans la formation d'une liste de candidats à la Chaire d'Agronomie coloniale du Muséum National d'Histoire Naturelle, pour la première ligne, M. *Roland Portères* obtient 34 suffrages contre 16 à M. *Jean Trochain*.

Pour la seconde ligne, M. *Jean Trochain* obtient 40 suffrages; il y a 2 bulletins blancs.

En conséquence, la liste présentée à M. le Ministre de l'Éducation Nationale comprendra :

En première ligne............... M. **Roland Portères**,
En seconde ligne............... M. **Jean Trochain**.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Jean Ribéreau-Gayon et Émile Peynaud. *Analyse et contrôle des vins*.

2° American Mathematical Society. Colloquium Publications. Volume XXIX. *Foundations of algebraic Geometry*, by André Weil.

3° VICTOR OPPENHEIM. *Structural Evolution of the south American Andes.*

4° ÉTIENNE HUBAULT. *Un lac acide de montagnes anciennes. Le lac de Lispach dans les Vosges. Étude hydrobiologique. — Les grands lacs subalpins de Savoie sont-ils alcalitrophes? — Études thermiques, chimiques et biologiques des eaux des lacs de l'est de la France* (présentés par M. Louis Fage).

ALGÈBRE. — *Théorie non abélienne des corps de classes pour les extensions galoisiennes des corps de nombres algébriques : anneau des représentations d'un groupe; représentations associées du groupe de Galois et du semi-groupe des idéaux.* Note (1) de M. **MARC KRASNER**, présentée par M. Élie Cartan.

Je conserve les notations de ma Note précédente (2). Dans la présente Note, j'emploie aussi le produit ordinaire de matrices A, B qui sera noté AB.

Le couple $b(\mathfrak{A})=(n(A), n(B))$ sera dit le *bidegré* de la bimatrice $\mathfrak{A}=(A, B)$. $\mathfrak{A}=(A, B)$ et $\mathfrak{A}'=(A', B')$ étant des bimatrices d'un même bidegré, la bimatrice $\mathfrak{A}\mathfrak{A}'=(AA', BB')$ sera dite leur *produit matriciel*, $\mathcal{G}$ étant un groupe, une fonction $\Gamma(\sigma)$, définie sur $\mathcal{G}$ et dont les valeurs soient des bimatrices d'un même bidegré, s'appelle une *représentation* (bimatricielle) de $\mathcal{G}$ si, pour tous $\sigma, \sigma' \in \mathcal{G}$, on a $\Gamma(\sigma\sigma')=\Gamma(\sigma)\Gamma(\sigma')$. Deux représentations $\Gamma(\sigma)=(A(\sigma), B(\sigma))$ et $\Gamma'(\sigma)=(A'(\sigma), B'(\sigma))$ de $\mathcal{G}$ sont dites *équivalentes* s'il existe une matrice régulière C telle que, pour tout $\sigma \in \mathcal{G}$, on ait $A'(\sigma)+B(\sigma)=C[A(\sigma)+B'(\sigma)]C^{-1}$. Γ, Γ' étant deux représentations de $\mathcal{G}$, on notera $-\Gamma$, $\Gamma+\Gamma'$, $\Gamma\times\Gamma'$ la représentation Δ telle que, pour tout $\sigma\in\mathcal{G}$, on ait $\Delta(\sigma)=-\Gamma(\sigma)$, $\Delta(\sigma)=\Gamma(\sigma)+\Gamma'(\sigma)$ ou $\Delta(\sigma)=\Gamma(\sigma)\times\Gamma'(\sigma)$. Γ est dite *positive* s'il existe une $\Gamma'\sim\Gamma$ telle que, pour tout $\sigma\in\mathcal{G}$, $\Gamma'(\sigma)$ soit une matrice ($\neq O$). Si $\Gamma\sim\Gamma'+\Gamma''$, où Γ', Γ'' sont positives, Γ est dite *positivement décomposable* en Γ', Γ'', et l'on écrit $\Gamma\sim\Gamma'(+)\Gamma''$. Γ est dite *irréductible* si elle est positive, mais non positivement décomposable. On ne considérera les représentations de $\mathcal{G}$ qu'à l'équivalence près. Alors, elles forment un anneau commutatif $\mathcal{O}(\mathcal{G})$, dont le zéro est la représentation O telle que, pour tout $\sigma\in\mathcal{G}$, on a $O(\sigma)=O$. On sait (3) que si $\mathcal{G}$ est d'ordre fini, ses représentations irréductibles forment un ensemble fini $\{\Gamma_1, \Gamma_2, \ldots, \Gamma_n\}$ et $\mathcal{O}(\mathcal{G})$, en tant qu'un groupe additif, a cet ensemble comme une base minimale. Un sous-anneau $\overline{\mathcal{O}}$ de $\mathcal{O}(\mathcal{G})$ est dit *positivement complet* s'il est engendré par ses éléments positifs et si $\Gamma\in\overline{\mathcal{O}}$ et $\Gamma\sim\Gamma'(+)\Gamma''$ impliquent $\Gamma'\in\overline{\mathcal{O}}$. De tels sous-anneaux $\overline{\mathcal{O}}$ de $\mathcal{O}(\mathcal{G})$ coïncident avec ceux qui en sont des sous-modules dont la base soit une partie des Γ_i.

Soient $X_1, X_2, \ldots, X_n$ les classes d'éléments conjugués de $\mathcal{G}$ [leur nombre n est égal (3) à celui des Γ_i], h_j le nombre d'éléments de X_j (donc Σh_j est égale

(1) Séance du 17 novembre 1947.

(2) *Comptes rendus*, **225**, 1947, p. 785.

(3) Voir A. SPEISER, *Théorie d. grupp. endl. Ordn.*, Berlin, 1923, Chap. X et XI.

à l'ordre de $\mathcal{G}$), ξ_j la somme des $\sigma \in X_j$ dans l'anneau du groupe de $\mathcal{G}$ (sur l'anneau des entiers rationnels), $\chi_{i,j}$ et $\varphi_{i,j}$ le caractère et la fonction caractéristique de $\Gamma_i(\sigma)$, où $\sigma \in X_j$ (ils ne dépendent pas de choix d'un tel σ). Soient $\Gamma_i \times \Gamma_u = \Sigma g_{ius}\Gamma_s$ et $\xi_j\xi_v = \Sigma c_{jvt}\xi_t$. On sait ([3]) que la donnée des $\chi_{i,j}$ (et, *a fortiori*, celle des $\varphi_{i,j}$) détermine les tableaux des g_{ius} et des c_{jvt}, ainsi que les h_j (donc l'ordre de $\mathcal{G}$) et les l_i, où l_i est le degré des $\Gamma_i(\sigma)$, $\sigma \in \mathcal{G}$. Il me semble très plausible que la donnée des $\varphi_{i,j}$ détermine $\mathcal{G}$ à l'isomorphie près.

g étant un sous-groupe invariant de $\mathcal{G}$, une représentation $\overline{\Gamma}$ de $\overline{\mathcal{G}} = \mathcal{G}/g$ sera identifiée avec la représentation Γ de $\mathcal{G}$ telle que $\Gamma(\sigma) = \overline{\Gamma}(\sigma g)$. Alors, $\mathcal{O}(\overline{\mathcal{G}})$ s'identifie avec un sous-anneau positivement complet de $\mathcal{O}(\mathcal{G})$.

THÉORÈME. — *Si $\overline{\mathcal{O}}$ est un sous-anneau positivement complet de $\mathcal{O}(\mathcal{G})$, il existe un sous-groupe invariant g de $\mathcal{G}$ tel que $\overline{\mathcal{O}} = \mathcal{O}(\overline{\mathcal{G}})$, où $\overline{\mathcal{G}} = \mathcal{G}/g$.*

Démonstration. — Soient $\Gamma_1, \Gamma_2, \ldots, \Gamma_\nu$ ($\nu \leqq n$) les Γ_i constituant la base de $\overline{\mathcal{O}}$, R la représentation régulière de $\mathcal{G}$. On sait ([3]) que $R = l_1\Gamma_1 + l_2\Gamma_2 + \ldots + l_n\Gamma_n$. Soient $\Gamma = l_1\Gamma_1 + l_2\Gamma_2 + \ldots + l_\nu\Gamma_\nu$, $m = l_1^2 + l_2^2 + l_3^2 + \ldots + l_\nu^2$ le degré de Γ (donc, on a $m^2 = ml_1l_1 + ml_2l_2 + \ldots + ml_\nu l_\nu$). Comme $\Gamma^2 \in \overline{\mathcal{O}}$, Γ^2 est de la forme $m_1\Gamma_1 + m_2\Gamma_2 + \ldots + m_\nu\Gamma_\nu$, où les m_i sont des entiers non négatifs, et le degré m' de Γ^2 est à la fois, m^2 et $m_1l_1 + m_2l_2 + \ldots + m_\nu l_\nu$. Or, puisque $R = \Gamma(+)\Gamma'$, où Γ' est une représentation de $\mathcal{G}$, on a, si $\Gamma \times R$ est égal à $m_1^\star\Gamma_1 + m_2^\star\Gamma_2 + \ldots + m_n^\star\Gamma_n$, $m_i \leqq m_i^\star$ ($i \leqq \nu$). Or, $\Gamma \times R = mR$ donc est égal à $ml_1\Gamma_1 + ml_2\Gamma_2 + \ldots + ml_n\Gamma_n$, d'où $m_i \leqq ml_i$. Puisque $0 = m_1l_1 + \ldots + m_\nu l_\nu - m^2$ est égal à $(m_1 - ml_1)l_1 + \ldots + (m_\nu - ml_\nu)l_\nu$, $m_i \leqq ml_i$ entraîne $m_i = ml_i$, d'où $\Gamma^2 = m\Gamma$ et pour tout $\sigma \in \mathcal{G}$, $\chi(\Gamma^2(\sigma)) = \chi(\Gamma(\sigma))^2 = m\chi(\Gamma(\sigma))$.

Donc, ou bien $\chi(\Gamma(\sigma)) = 0$, ou bien $\chi(\Gamma(\sigma)) = m$. $\Gamma(\sigma)$ est une matrice de degré m, et $\chi(\Gamma(\sigma))$ est la somme de ses m zéros, qui sont tous des racines de l'unité. Donc, si $\chi(\Gamma(\sigma)) = m$, ces zéros sont tous égaux à 1, et $\Gamma(\sigma) = I_m$. Ainsi, l'ensemble des tels $\sigma \in \mathcal{G}$ en est un sous-groupe invariant g et, visiblement, les caractères de Γ coïncident avec ceux de la représentation régulière $\overline{R}$ de $\overline{\mathcal{G}} = \mathcal{G}/g$. Par suite ([2]), $\Gamma = \overline{R}$ et $\overline{\mathcal{O}}$ coïncide avec $\mathcal{O}(\overline{\mathcal{G}})$.

Soient k un corps de nombres algébriques de degré fini, K une extension galoisienne de degré fini de k, $U_{K/k}$ le semi-groupe (qui est abélien libre) des idéaux entiers de k premiers au discriminant $D_{K/k}$ de K/k, $\mathcal{G}_{K/k}$ le groupe de Galois de K/k, $< K/k; \mathfrak{p} >$ le symbole d'Artin ([4]) de K/k pour l'idéal premier $\mathfrak{p} \in U_{K/k}$ (on sait que c'est une classe d'éléments conjugués de $\mathcal{G}_{K/k}$). Γ étant une représentation de $\mathcal{G}_{K/k}$, la classe d'équivalence de la bimatrice $\Gamma(\sigma)$, $\sigma \in \mathcal{G}_{K/k}$, ne dépend que de la classe X_σ d'éléments conjugués de σ, et sera noté $\Gamma(X_\sigma)$. Soit r_Γ la représentation bimatricielle de $U_{K/k}$ telle que, pour tout idéal premier $\mathfrak{p} \in U_{K/k}$, on ait $r_\Gamma(\mathfrak{p}) = \Gamma(< K/k; \mathfrak{p} >)$. Γ et r_Γ seront dites

([4]) Voir H. HASSE, *Reziprozitätsgesetz*, Leipzig-Berlin, 1930, §§ 23, 24, 26.

associées. $\Gamma \to r_\Gamma$ est un homomorphisme de $\mathcal{O}(\mathcal{G}_{K/k})$ dans l'anneau des représentations bimatricielles de $U_{K/k}$. *C'est un isomorphisme*, même si les représentations de $U_{K/k}$ sont considérées à l'équivalence près, car, en vertu de la loi de densités de Tschebotarev ([4]), quelle que soit la classe X d'éléments conjugués de $\mathcal{G}_{K/k}$ il existe une infinité d'idéaux premiers $\mathfrak{p}$ de k tels que $< K/k; \mathfrak{p} > = X$, et, si $\Gamma(X) \neq O$, on a $r_\Gamma(\mathfrak{p}) \neq O$. Γ et r_Γ sont positives en même temps. Si $L(s, \Gamma, K/k)$ est la fonction L d'Artin ([4]) de K/k pour Γ, on constate que $L(s, \Gamma) \sim \Sigma\chi(r_\Gamma(\mathfrak{p}))N(\mathfrak{p})^{-s}$, où $N(\mathfrak{p})$ est la norme absolue de $\mathfrak{p}$, et où la somme est étendue aux $\mathfrak{p} \in U_{K/k}$. Si K'/k est une surextension galoisienne de K/k, donc $\mathcal{G}_{K/k} = \mathcal{G}^{K'/k}/\mathcal{G}_{K'/K}$, Γ s'identifie avec une représentation Γ' de $\mathcal{G}_{K'/k}$, et, comme ([3]) $< K'/k; \mathfrak{p} > \to < K/k; \mathfrak{p} >$, on a $r_{\Gamma'} \sim r_\Gamma$.

ALGÈBRE. — *Sur les automorphismes du groupe unitaire.* Note ([1]) de M. **Jean Dieudonné**, présentée par M. Élie Cartan.

Cette Note fait suite à une Note antérieure ([2]), où nous avons indiqué quels sont tous les automorphismes des groupes linéaire symplectique et orthogonal relatifs à un corps quelconque, commutatif ou non (de caractéristique $\neq 2$ pour le groupe orthogonal).

Soient K une extension quadratique d'un corps commutatif K_0 de caractéristique $\neq 2$, $\lambda \to \bar{\lambda}$ l'unique automorphisme de K distinct de l'identité et laissant invariants les éléments de K_0. Soient E un espace vectoriel de dimension n sur K, $f(x, y)$ une forme bilinéaire hermitienne symétrique de rang n sur E, relative à l'automorphisme $\lambda \to \bar{\lambda}$ [c'est-à-dire telle que $f(\lambda x, y) = \lambda f(x, y)$ et $f(y, x) = \overline{f(x, y)}$]; le groupe unitaire $\mathbf{U}_n(K, f)$ est le sous-groupe de $\mathbf{GL}_n(K)$ formé des automorphismes u tels que $f(u(x), u(y)) = f(x, y)$ identiquement. Nous supposerons encore que f est d'indice $\nu \geq 1$, c'est-à-dire qu'il existe des vecteurs $x \neq 0$ tels que $f(x, x) = 0$.

Théorème. — *Tout automorphisme de groupe unitaire* $\mathbf{U}_n(K, f)$ ($n \geq 4$, $\nu \geq 1$, K de caractéristique $\neq 2$) *est de la forme* $u \to \varphi(\Delta(u))gug^{-1}$, *où* $\Delta(u)$ *est le déterminant* ([3]) *de* u, φ *une représentation du groupe* N *des éléments de* K *de norme* $\lambda\bar{\lambda} = 1$ *dans lui-même*, g *un semi-automorphisme de* E *relatif à un automorphisme* σ *de* K *permutable avec* $\lambda \to \bar{\lambda}$, *et tel que l'on ait identiquement* $f(g(x), g(y)) = \alpha(f(x, y))^\sigma$, *où* α *est un élément* $\neq 0$ *de* K_0.

Ici encore, pour $n \geq 5$, tout automorphisme du groupe $\mathbf{U}_n^+(K, f)$ des trans-

---

([1]) Séance du 17 novembre 1947.

([2]) *Comptes rendus*, **225**, 1947, p. 914. Nous conservons la terminologie employée dans cette Note.

([3]) Pour la définition et les propriétés de ce déterminant, voir mon article : *Les déterminants sur un corps non communicatif* (*Bull. Soc. Math. Fr.*, **71**, 1943, pp. 27-45.)

formations unitaires de déterminant 1, est la restriction d'un automorphisme de $\mathbf{U}_n(K, f)$. On peut en outre étendre le théorème précédent au *groupe unitaire quaternionique* $\mathbf{U}_n(K, f)$ défini comme ci-dessus, à partir d'une forme bilinéaire hermitienne symétrique sur un espace vectoriel E de dimension n par rapport à un corps des quaternions généralisé K sur un corps commutatif K_0 de caractéristique $\neq 2$ [4].

Les démonstrations des théorèmes de cette Note et de la précédente [2] paraîtront dans un autre recueil; elles utilisent les résultats que nous avons récemment obtenus relativement à la structure des groupes classiques sur un corps quelconque [4], et des méthodes analogues à celle développée par G. W. Mackey [5] pour l'étude du groupe des automorphismes d'un espace normé.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur l'équation intégrale de Stieltjes.* Note [1] de M. **Yaroslav Tagamlitzki**, présentée par M. Paul Montel.

1. Soit $f(x)$ une fonction réelle et analytique autour du point a, le nombre a étant réel et positif.

Théorème 1. — *Pour que la fonction $f(x)$ puisse être mise dans le voisinage du point a (et par suite dans tout le plan complexe, sauf peut-être pour des valeurs réelles non positives de x) sous la forme*

$$f(x)=\int_0^\infty \frac{d\alpha(t)}{t+x}, \tag{1}$$

$\alpha(t)$ étant une fonction non décroissante, il faut et il suffit que l'on ait

$$(-1)^k\frac{d^{k+n}}{dx^{k+n}}x^n f(x)\geqq 0,\qquad \lim_{\nu\to\infty}\frac{x^\nu}{\nu!}f^{(\nu)}(x)=0,\qquad \sum_{\nu=0}^\infty \frac{d^\nu}{dx^\nu}x^\nu f(x)<\infty,$$

pour $x=a$; $k=0, 1, 2, \ldots$; $n=0, 1, 2, \ldots$.

Démonstration. — La condition est manifestement nécessaire. Nous allons démontrer qu'elle est suffisante. Posons $f(x)=\sum_{\nu=0}^\infty a_\nu(a-x)^\nu$. On trouve que

$$x^n f(x)=P_{n-1}(x)+\sum_{k=0}^\infty \frac{\Delta^n(a_k a^k)}{a^k}(a-x)^{k+n},$$

où $P_{n-1}(x)$ est un polynome de degré $n-1$ au plus et Δ^n désigne la différence itérée

$$\Delta^n(a_k a^k)=\sum_{\lambda=0}^\infty(-1)^{n+\lambda}\binom{n}{\lambda}a_{k+\lambda}a^{k+\lambda}.$$

---

[4] Voir mon mémoire : *Sur les groupes classiques* (*Publ. Inst. Math. Strasbourg*, 1945).

[5] *Isomorphisms of normed linear spaces* (*Ann. of Math.*, 43, 1942, p. 224-260).

[1] Séance du 22 septembre 1947.

Il s'ensuit que

$$\frac{(-1)^n \Delta^n (a_k a^k)}{a^k} = \left[\frac{(-1)^k}{(k+n)!} \frac{d^{k+n} x^n f(x)}{dx^{k+n}}\right]_{x=a}.$$

La suite $\{b_k\}$ définie par

$$b_0 = \sum_{\nu=0}^{\infty} (-1)^\nu \Delta^\nu (a_0 a^0), \qquad b_{k+1} = a_k a^k, \qquad k = 0, 1, \ldots$$

étant régulièrement monotone et tendant vers zéro, on peut appliquer la théorie des moments de Hausdorff. La suite $\{a_k a^k\}$ peut donc être mise sous la forme

$$a_k a^k = \int_0^1 u^{k+1} d\lambda(u),$$

la fonction $\lambda(u)$ étant non décroissante, et l'on en déduit sans peine le théorème.

II. Nous admettrons maintenant que la fonction intégrante est normalisée, c'est-à-dire que

$$\alpha(0) = 0, \qquad \alpha(t) = \frac{\alpha(t-0) + \alpha(t+0)}{2}.$$

Ceci est évidemment permis. En ce cas, la fonction $\alpha(t)$ est complètement déterminée ([2]).

Théorème 2. — *Supposons que la fonction $f(x)$ soit susceptible de la représentation* (1) *et que la fonction $g(x)$, régulière dans le voisinage du point a, vérifie les inégalités*

$$\left|\frac{d^{k+n}}{dx^{k+n}} x^n g(x)\right| \leqq (-1)^k \frac{d^{k+n}}{dx^{k+n}} x^n f(x)$$

pour $x = a$; $k = 0, 1, \ldots$; $n = 0, 1, \ldots$. En ce cas, $g(x)$ est elle-même de la forme

$$g(x) = \int_0^\infty \frac{d\beta(t)}{t+x},$$

où la fonction $\beta(t)$ est normalisée et vérifie l'inégalité

$$|\beta(t_1) - \beta(t_2)| \leqq \alpha(t_1) - \alpha(t_2), \qquad \text{pour } t_1 > t_2.$$

La démonstration repose sur le procédé de MM. Boas ([3]) et Loève ([4]). Sous les conditions du théorème 2, on a les conséquences :

1. Les points d'invariabilité de $\alpha(t)$ sont aussi points d'invariabilité de $\beta(t)$.

([2]) Voir D. V. Widder, *The Stieltjes transform.* (*Trans. Amer, Math. Soc.*, t. 43, p. 7-60).

([3]) *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 1683.

([4]) *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 31.

Il s'ensuit que si la fonction $f(x)$ admet une décomposition en fractions simples

$$(2) \qquad f(x)=\sum_{\nu=1}^{\infty}\frac{A_\nu}{x+\lambda_\nu}, \qquad 0<\lambda_1<\lambda_2<\ldots, \qquad A_\nu \geqq 0,$$

il en est de même de $g(x)$

$$(3) \qquad g(x)=\sum_{\nu=1}^{\infty}\frac{B_\nu}{x+\lambda_\nu}.$$

On a de plus $|B_\nu| \leqq A_\nu$. L'existence de la fonction majorante de la forme (2) est nécessaire et suffisante pour que la fonction $g(x)$ soit susceptible d'une représentation absolument convergente de la forme (3).

2. Si la fonction $\alpha(t)$ est absolument continue, il en est de même de $\beta(t)$. On en déduit sans peine que si la fonction $f(x)$ est de la forme

$$(4) \qquad f(x)=\int_0^{\infty}\frac{\varphi(t)}{t+x}\,dt, \qquad \varphi(t) \geqq 0,$$

la fonction $g(x)$ peut être mise elle-même sous la forme

$$(5) \qquad g(x)=\int_0^{\infty}\frac{\psi(t)}{t+x}\,dt, \qquad \text{où} \quad |\psi(t)| \leqq \varphi(t),$$

les intégrales étant prises au sens de Lebesgue. L'existence de la fonction majorante de la forme (4) est nécessaire et suffisante pour que la fonction $g(x)$ soit susceptible d'une représentation absolument convergente de la forme (5).

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les fonctions indéfiniment dérivables sur une demi-droite.* Note [1] de MM. **Szolem Mandelbrojt** et **Norbert Wiener**, présentée par M. Paul Montel.

Cette Note donne une nouvelle méthode permettant d'établir des théorèmes du genre de ceux obtenus par S. Mandelbrojt, concernant les fonctions indéfiniment dérivables sur l'intervalle I ($x \geqq 0$).

Soit $f(x)$ une fonction indéfiniment dérivable sur I, avec

$$\overline{\text{borne}}\, |f^{(n)}(x)| = m_n < \infty \qquad (n \geqq 0, f^{(\nu_n)}(0)=0),$$

où $\{\nu_n\}$ est une suite d'entiers non négatifs croissants. S. Mandelbrojt a indiqué des relations entre les suites $\{m_n\}$ et $\{\nu_n\}$ permettant d'affirmer que $f(x) \equiv 0$ [2].

---

(1) Séance du 10 novembre 1947.

(2) S. Mandelbrojt, *Sur une inégalité fondamentale* [*Annales de l'École Normale Supérieure*, (3), 63, fasc. 4, pp. 352-378].

L'idée essentielle de cette Note réside dans l'emploi d'une fonction auxiliaire, holomorphe dans un demi-plan, dont la variable indépendante correspond à l'ordre de différentiation et dont les valeurs *sont données* par celles des dérivées de la fonction donnée à l'origine. La fonction donnée est supposée impaire, ce qui ne constitue pas une vraie restriction.

Les classes considérées ici ne contiennent que des fonctions analytiques. Nous démontrerons, dans une Note ultérieure, un théorème couvrant des classes bien plus vastes. Il est d'ailleurs difficile de comparer les conditions présentes à celles des théorèmes de Mandelbrojt, même en se bornant aux classes analytiques.

Soit $\{p_n\}$ une suite d'entiers non négatifs et

$$P(z)=\prod_{n=1}^{\infty}\frac{2p_n+z}{2p_n-z}\,e^{-\frac{z}{p_n}}.$$

Si $\{m_n\}$ est une suite non négative avec $\lim \log m_n/n=\infty$, nous désignerons par $\log\overline{m}(x)$ l'ordonnée du polygone de Newton des points $(n,\ \log m_n)$. Si $\lim \log m_n/n=c<\infty$, on posera $\log\overline{m}(x)=c$, $\overline{m}_n=\overline{m}(n)$.

Théorème. — *Soit $f(x)$ une fonction indéfiniment dérivable sur* I, *avec*

$$m_n=\overline{\text{borne}}\,|f^{(n)}(x)|<\infty\ (n\geqq 0),\qquad f^{(2n)}(0)=0,\qquad f^{(2p_k+1)}(0)=0,$$

où $\{p_k\}$ est une suite d'entiers positifs.

S'il existe une fonction croissante $N(\sigma)$ *et une fonction à variation bornée*

$$G(\sigma)\qquad (a<\sigma<\infty)\qquad \text{avec}\qquad 0<l<G(\sigma)\leqq\frac{\pi}{2},$$

telles que

$$\overline{m}_{2n+1}\,|P(2n+1)|=O(1),$$

$$\log\{\overline{m}[e^{\sigma}\cos G(\sigma)]\,|P[e^{\sigma+iG(\sigma)}]|\}<-N(\sigma),$$

$$\int^{\infty}N(\sigma)e^{-\frac{\pi}{2}\int^{\sigma}\frac{du}{G(u)}}d\sigma=\infty,$$

la fonction $f(x)$ est identiquement nulle.

D'après un théorème de A. Gorny ([3]), il existe une constante A telle que $m_n\leqq A^n\overline{m}_n$ $(n\geqq 1)$. Posons $g(t)=f(t)/t$ et

$$H(\omega)=\underset{B\to\infty}{\text{l.i.m.}}\,(2\pi)^{-\frac{1}{2}}\int_{-B}^{B}g(t)\,e^{it\omega}\,d\omega.$$

Comme on a

$$g^{(\nu)}(t)=t^{-\nu-1}\int_{0}^{t}f^{(\nu+1)}(u)\,u^{\nu}\,du,$$

([3]) *Contribution à l'étude des fonctions dérivables d'une variable réelle* (*Acta Mathematica*, 71, 1939, pp. 317-358).

on peut écrire

$$\begin{aligned}\int_0^\infty |\mathrm{H}(\omega)|^2\omega^{2\nu}d\omega &= \int_0^\infty |g^{(\nu)}(t)|^2 dt \\ &\leq \int_0^1 \left| t^{-\nu-1}\int_0^t m_{\nu+1}u^\nu du\right|^2 dt \\ &\quad + \int_1^\infty \left| t^{-\nu-1}(f^{(\nu)}(t)\,t^\nu - \nu\int_0^t f^{(\nu)}(u)\,u^{\nu-1}du\right|^2 dt \\ &\leq m_{\nu+1}^2(\nu+1)^{-2} + 4\,m_\nu^2 \leq \mathrm{C}^\nu\,\overline{m}_{\nu+1}^2,\end{aligned}$$

où C est une constante. Posons maintenant

$$\mathrm{F}(z) = \int_0^\infty \mathrm{H}(\omega)\,e^{z\log\omega}d\omega,$$

avec $\log\omega$ réel. La fonction $\mathrm{F}(z)$ est holomorphe pour $\mathcal{R}z > 0$, et

$$\mathrm{F}(2p_n) = \int_0^\infty \mathrm{H}(\omega)\,\omega^{2p_n}d\omega = 0 \qquad (n \geq 1).$$

En choisissant convenablement $q > 0$, $\mathrm{B} > 0$, on démontre aisément que

$$\Phi(z) = \mathrm{F}(z)\,\mathrm{P}(z)(1+z)^{-q}e^{-\mathrm{B}z}$$

est holomorphe pour $\mathcal{R}z > 0$, et, dans ce demi-plan, l'inégalité suivante a lieu

$$|\Phi(z)| \leq 2\,\overline{m}\left(2\left[\frac{x}{2}\right]+5\right)\left|\mathrm{P}\left(2\left[\frac{x}{2}\right]+5\right)\right|$$

($[c]$ désigne la partie entière de c, $x = \mathcal{R}z$).

Un théorème établi par S. Mandelbrojt et G. Mac-Lane concernant les fonctions dans une région-bande ([4]) permet alors de prouver que $\Phi(z) \equiv 0$, et par suite $f(x) \equiv 0$.

GÉOMÉTRIE. — *Les sphères de Hagge d'un polyèdre à sommets cosphériques.* Note ([1]) de M. René Blanchard, présentée par M. Elie Cartan.

Dans un triangle $\mathrm{T} \equiv \mathrm{ABC}$, les céviennes d'un point quelconque M rencontrent le cercle circonscrit (O) en des points A′, B′, C′ dont les symétriques A″, B″, C″ par rapport à BC, CA, AB sont sur un cercle qui passe par l'orthocentre (cercle de Hagge de M par rapport à T).

([4]) *On Functions holomorphic in a strip region, and the extension of Watson's problem.* (*Transactions of the American Mathematical Society*, **61**, 1947, pp. 454-467).

([1]) Séance du 17 novembre 1947.

Ce cercle a été étudié par MM. von K. Hagge [*Der Fuhrmansche Kreis und der Brocardsche Kreis als Sonder fälle eines allgemeinen Kreises* (*Zeitschrift*, t. 39)], R. A. Johnson (*Modern Geometry*, 1929, p. 300), A. M. Peiser (*The American Mathematical Monthly*, 1942, p. 254), V. Thébault (*Comptes rendus*, 218, 1944, pp. 433-435).

Pour notre part, en remarquant que les points A″, B″, C″ sont les symétriques, par rapport aux milieux de BC, CA, AB des secondes intersections de (O) et des céviennes qui passent par le conjugué isogonal de M dans T, nous avons trouvé, dans le tétraèdre, une sphère correspondant au cercle de Hagge.

Dans cette Note, nous nous proposons de montrer qu'il existe des sphères de Hagge dans un polyèdre à sommets cosphériques et d'en indiquer quelques propriétés.

1. Définition. — Étant donné un polyèdre (P) de n sommets $A_1 A_2 \ldots A_n$ inscrit à une sphère (O) et un point quelconque M, désignons par A_i'' les points transformés des secondes intersections A_i' de (O) et des droites MA^i dans les homothéties qui ont pour centres les barycentres des polyèdres déterminés par les $n-1$ sommets autres que A_i, pour rapport $-1/(n-2)$.

Les points A_i'' sont les transformés des milieux de A_iA_i' dans l'homothétie qui a pour centre le barycentre G de (P), pour rapport $-2/(n-2)$. Ils se trouvent donc sur une sphère qui est la sphère de Hagge de M par rapport à (P).

2. Théorème fondamental. — *La sphère de Hagge a pour diamètre le segment qui joint le transformé de* M *dans l'homothétie* $[G, -2/(n-2)]$ *au point de Kantor* Ω de (P).

Cette propriété résulte, d'une part, de la définition de la sphère de Hagge, d'autre part, du fait que le point de Kantor, point de rencontre des plans menés par les barycentres de $n-2$ sommets quelconques de (P) sur la droite qui passe par les deux sommets restants, est tel que $G\Omega : GO = -2/(n-2)$.

Théorème réciproque. — *Toute sphère passant par le point de Kantor* Ω *d'un polyèdre à n sommets cosphériques est la sphère de Hagge d'un point* M *qui est l'homothétique du point diamétralement opposé à* Ω *sur cette sphère dans l'homothétie* $[G, -(n-2)/2]$.

3. Corollaires. — *a*. Quand M est en O, la sphère de Hagge se réduit au point Ω. Par suite :

Dans un polyèdre à sommets cosphériques, les droites qui joignent les points diamétralement opposés aux sommets aux barycentres des polyèdres déterminés par les autres sommets concourent au point de Kantor.

b. Quand M est en G, la sphère de Hagge se confond avec *la sphère orthocentroïdale*, de diamètre GΩ.

c. Quand les droites A_iA_i' sont parallèles à une direction quelconque Δ, la sphère de Hagge devient le plan perpendiculaire à Δ qui passe par Ω.

4. Autre théorème. — *Les points* A_1'', A_2'', …, A_n'' *appartiennent respective-*

ment aux sphères $(\omega_1), (\omega_2), \ldots, (\omega_n)$ *transformées de* (O) *dans les homothéties qui ont pour centres les barycentres* $G_1, G_2, \ldots, G_n$ *des polyèdres déterminés par les sommets autres que* $A_1, A_2, \ldots, A_n$, *pour rapport* $-1/(n-2)$; *ces sphères passent par le point de Kantor et leurs centres* ω_i *sont les transformés des sommets* A_i *dans l'homothétie qui a pour centre le centre de la sphère des barycentres* G_i, *pour rapport* $-1/(n-2)$.

Il est à remarquer que ces sphères (ω_i) sont, pour le polyèdre à sommets cosphériques, les analogues des cercles HBC, HCA, HAB d'un triangle ABC, d'orthocentre H, cercles dont les centres sont symétriques des sommets A, B, C par rapport au centre du cercle des neuf points.

5. Cas particuliers. — *a*. Quand $n = 4$, on retrouve les propriétés connues des sphères de Hagge d'un tétraèdre.

b. Si les points A_i appartiennent à un grand cercle de (O) et si le point M est situé dans le plan de ce cercle, les raisonnements précédents restent valables. Il existe donc, dans un polygone plan inscriptible, des cercles de Hagge dont les propriétés sont analogues à celles des sphères de Hagge d'un polyèdre à sommets cosphériques.

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Remarques sur les propriétés énergétiques des fonctions aléatoires*. Note (1) de M. **André Blanc-Lapierre**.

Soit $X(t)$ une fonction aléatoire réelle ou complexe du paramètre réel t, définie sur la catégorie d'épreuves $\mathcal{E}$; on suppose l'espérance mathématique $\overline{X(t)}$ identiquement nulle et la covariance (2) $\Gamma(t_1, t_2)$ de la forme

$$(1)\qquad \Gamma(t_1, t_2) = \int_{-\infty}^{+\infty}\int_{-\infty}^{+\infty} e^{2\pi i[\nu_1 t_1 - \nu_2 t_2]}\, d^2\gamma(\nu_1, \nu_2) \qquad \text{avec} \qquad \int_{-\infty}^{+\infty}\int_{-\infty}^{+\infty} |d^2\gamma(\nu_1, \nu_2)| < C.$$

M. Loève (3) a résolu le problème de l'*analyse harmonique de* $X(t)$: il existe une fonction $x(\nu)$ telle que

$$(2)\qquad X(t) = \int_{-\infty}^{+\infty} e^{2\pi i\nu t}\, dx(\nu);$$

$$(3)\qquad \overline{dx(\nu)\, dx^*(\nu')} = d^2\gamma(\nu, \nu').$$

On peut se demander dans quelle mesure la relation (2) permet la *localisation des propriétés énergétiques de* $X(t)$ *sur un axe de fréquences*.

Définitions. — Appelons *puissance instantanée* $P(t)$ la grandeur $|X(t)|^2$ et *énergie* $\eta(t_1, t_2)$ relative à l'intervalle t_1, t_2 l'intégrale de $P(t)$ de t_1 à t_2.

(1) J'ai pensé à entreprendre cette étude à la suite d'une conversation avec MM. N. Wiener et R. Godement au Colloque sur l'Analyse Harmonique organisé par le Centre National de la Recherche Scientifique (Nancy, juin 1947).

(2) M. Loève, *Comptes rendus*, **220**, 1945, p. 295.

(3) *Ibid.*, **220**, 1945, p. 380.

I. *Cas des fonctions stationnaires de second ordre.* — Toutes les *masses complexes* $d^2\gamma(\nu_1, \nu_2)$ sont alors sur la bissectrice (β) des axes ν_1 et ν_2 [3], $\overline{P(t)}$, indépendant de t, peut être *distribué* sur un axe de fréquences conformément à la relation suivante [4] :

$$(4)\quad \begin{cases} \overline{Y_1(t_1)Y_2^\star(t_2)} = \displaystyle\int_{-\infty}^{+\infty} G_1(\nu)G_2^\star(\nu)e^{2\pi i\nu[t_1-t_2]}\,dF(\nu) \\ \text{avec}\quad Y_1(t) = \mathcal{F}_1[X(t)] \quad\text{et}\quad Y_2(t) = \mathcal{F}_2[X(t)] \quad\text{et}\quad dF(\nu) = d^2\gamma(\nu, \nu). \end{cases}$$

$\mathcal{F}_1$ et $\mathcal{F}_2$ étant deux filtres de gains $G_1(\nu)$ et $G_2(\nu)$. $F(\nu)$ définit le spectre de la puissance moyenne instantanée $\overline{P(t)}$. Tout ceci vaut aussi pour $\overline{\eta(t_1, t_2)}$ qui, sous des conditions très générales relatives à la permutation des symboles d'intégration et d'espérance mathématique, est égal à $\overline{P}(t_2 - t_1)$ pour $X(t)$ stationnaire.

II. *Cas général.* — $\overline{P(t)} = \Gamma(t, t)$ s'exprime alors par une intégrale double, ce qui est contraire à l'idée de localisation. Mais on a les résultats suivants :

THÉORÈME 1. — *On a*

$$(5)\qquad \lim_{T\to\infty}\frac{1}{2T}\int_{-T}^{+T}\overline{Y_1(t)Y_2^\star(t-\tau)}\,dt = \int_{-\infty}^{+\infty} G_1(\nu)\,G_2^\star(\nu)\,e^{2\pi i\nu\tau}\,dF(\nu)$$

et, en particulier,

$$(6)\qquad \pi = \lim_{T\to\infty}\frac{1}{2T}\int_{-T}^{+T}\overline{P(t)}\,dt = \int_{-\infty}^{+\infty} dF(\nu) \qquad\text{avec}\quad dF(\nu) = d^2\gamma(\nu, \nu).$$

La localisation indiquée par (4) s'étend donc au cas général si l'on substitue à $\overline{P(t)}$ sa moyenne temporelle π; elle conduit au spectre de la puissance π *qui dépend uniquement des masses* $d^2\gamma$ *situées sur* (β).

THÉORÈME 2. — *Si la masse répartie sur* (β) *est nulle* $(\pi = 0)$ *et s'il y a partout une densité superficielle* $\sigma(\nu_1, \nu_2)$ *suffisamment régulière, on a, sous des conditions très générales imposées à* $\mathcal{F}_1$ *et* $\mathcal{F}_2$,

$$(7)\qquad \lim_{T\to\infty}\int_{-T}^{+T}\overline{Y_1(t)Y_2^\star(t-\tau)}\,dt = \int_{-\infty}^{+\infty} G_1(\nu)\,G_2^\star(\nu)\,e^{2\pi i\nu\tau}\sigma(\nu,\nu)\,d\nu,$$

formule qui précise la localisation de l'énergie moyenne totale δ (*intégrale de* $\overline{P(t)}$ *de* $-\infty$ *à* $+\infty$) *et définit son spectre par la densité* $\sigma(\nu, \nu)$ *sur* (β).

Les fréquences qui apportent une contribution non nulle au spectre de la puissance π sont celles pour lesquelles il y a sur (β) une masse non nulle [masses ponctuelles ou répartition continue sur (β)]; les autres ne peuvent que contribuer à l'énergie totale ζ.

---

(4) A. BLANC-LAPIERRE et R. FORTET, *Comptes rendus*, **222**, 1946, p. 467.

Les résultats précédents peuvent être perfectionnés en substituant à

$$\frac{1}{2T}\int_{-T}^{+T}\overline{Y_1(t)Y_2^*(t-\tau)}\,dt \quad \text{ou} \quad \int_{-T}^{+T}\overline{Y_1(t)Y_2^*(t-\tau)}\,dt$$

les quantités

$$\frac{1}{2T}\int_{-T}^{+T}Y_1(t)Y_2^*(t-\tau)\,dt \quad \text{ou} \quad \int_{-T}^{+T}Y_1(t)Y_2^*(t-\tau)\,dt;$$

sous des conditions assez générales, on obtient des convergences en moyenne quadratique ou même avec une probabilité 1. On rejoint alors un point de vue développé dans une Note antérieure ([5]).

Conclusion. — Les résultats précédents se relient entre eux si on les rapproche du *principe d'incertitude*. Les grandeurs énergétiques que nous avons pu localiser sur un axe de fréquences sont celles qui ne permettent pas de particulariser un point de l'axe des temps; c'est évidemment le cas de $\overline{P(t)}$ dans le cas d'un phénomène stationnaire, et c'est aussi le cas des moyennes temporelles que nous avons introduites dans le cas général.

RÉSISTANCE DES MATÉRIAUX. — *Influence de l'effet de paroi sur la résistance des pièces moulées en béton.* Note de M. **Paul Meynier**, présentée par M. Albert Caquot.

On sait le rôle essentiel que joue, dans la détermination de la granulométrie rationnelle des bétons en fonction des dimensions du moule, la notion fondamentale d'effet de paroi, introduite par M. Caquot.

L'effet de paroi influe aussi de façon importante sur la résistance des pièces moulées. Du fait que les centres des cailloux de chaque catégorie ne se trouvent qu'à des distances de la paroi au moins égales à la moitié de leur diamètre, la couche de béton immédiatement contiguë à la paroi, plus riche en pâte, a des résistances plus élevées que les régions intérieures.

Ainsi s'expliquent les deux observations suivantes, qui mettent ce fait en évidence.

1° Lorsque des éprouvettes prismatiques, comportant un trou cylindrique transversal obtenu *par moulage* (grâce à un mandrin, disposé convenablement dans le moule servant à leur fabrication), sont soumises à un effort de flexion dans un plan perpendiculaire à l'axe du trou, la section de rupture ne passe pas en général par le trou. Le diamètre de celui-ci peut atteindre facilement la moitié de la largeur du prisme sans que la rupture se produise dans la région où la section est ainsi diminuée. L'accroissement de résistance dû à l'effet de paroi l'emporte sur la diminution que ferait attendre l'absence de matière.

Il n'en est plus de même lorsque le trou est *foré* dans le prisme après durcissement.

([5]) A. Blanc-Lapierre et R. Fortet, *Comptes rendus*, 222, 1946, p. 1270.

2° En rompant des éprouvettes de sections différentes moulées avec un même béton, on trouve des résistances très différentes. Cette anomalie s'explique par l'effet de paroi qui enrichit une zone dont l'épaisseur est constante pour le même béton; par conséquent, la section périphérique plus résistante est proportionnellement plus grande dans les petites éprouvettes que dans les grandes. Les écarts entre résistances présentées par des éprouvettes de dimensions différentes sont plus importants dans les essais de flexion qu'en compression,

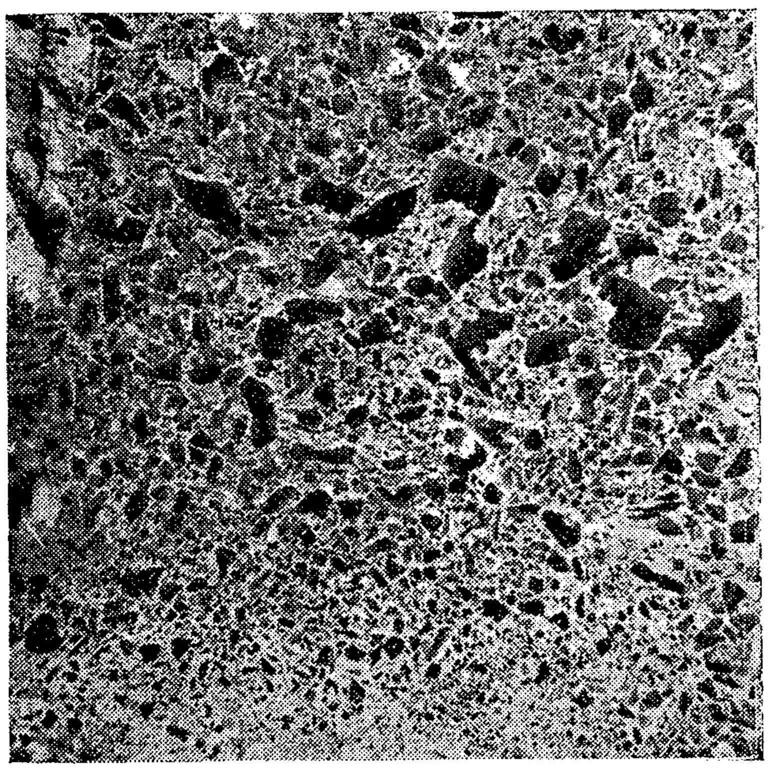


Fig. 1. — Coupe de 0 à 2^{mm} de la face du prisme.

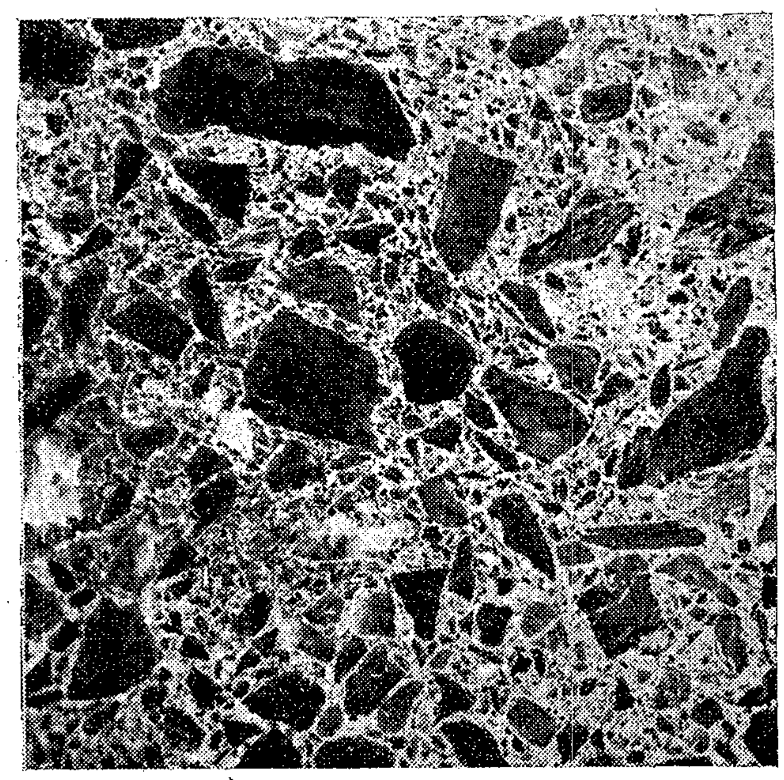


Fig. 2. — Coupe à 10^{mm} de la face du prisme.

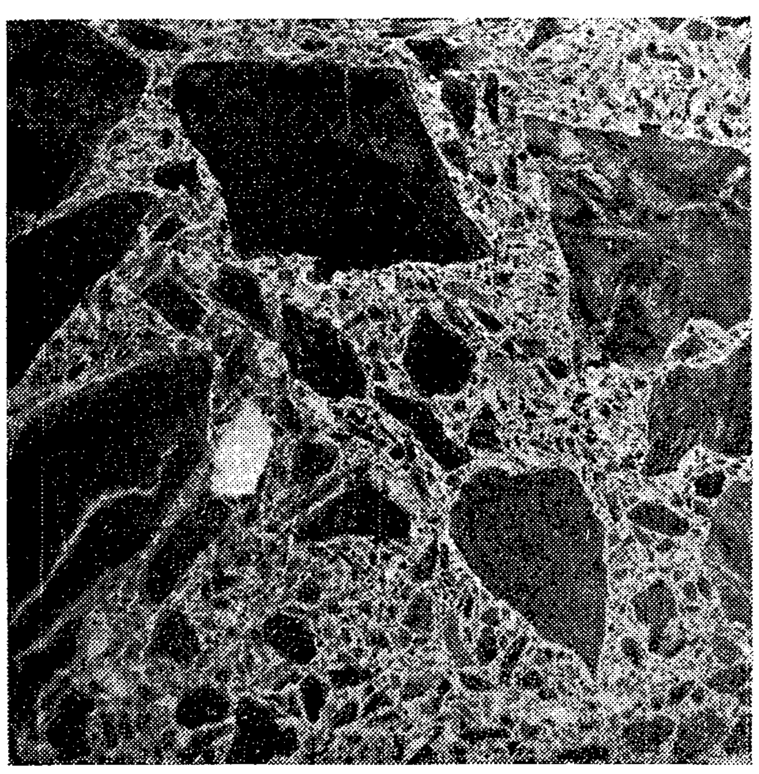


Fig. 3. — Coupe à 18^{mm} de la face du prisme.

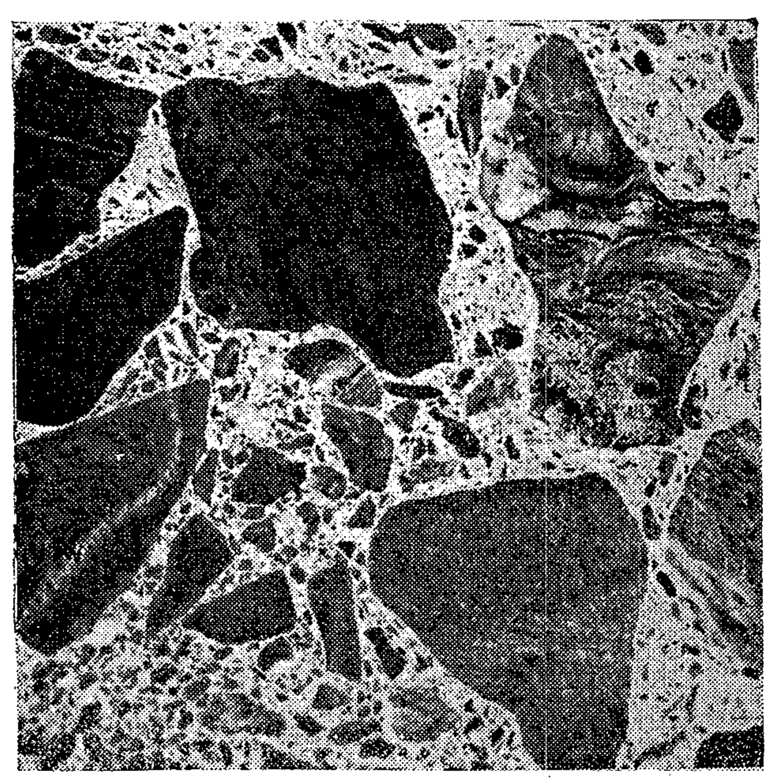


Fig. 4. — Coupe à 26^{mm} de la face du prisme.

par suite de la localisation du mortier riche vers la périphérie où se trouvent précisément les fibres les plus tendues au moment de la rupture.

C'est ainsi que nous avons trouvé, pour certaines éprouvettes de $14 \times 14 \times 56^{cm}$ des résistances à la flexion dépassant de 60 % celles d'éprouvettes de

$28 \times 28 \times 112^{cm}$ de même béton, alors que, en compression, la résistance des premières excédait celle des autres de 20 % seulement.

Les modifications apportées à la structure du béton par l'effet de paroi peuvent être rendues visibles au moyen de coupes effectuées à différentes distances d'une face d'un prisme.

La photographie permet de fixer l'aspect de ces coupes, et offre un moyen commode d'évaluer pour chacune l'aire des pierres ayant des dimensions données et leur répartition dans chaque plan (on peut pour cela peser l'image, préalablement découpée, des pierres en question).

Les photographies ci-jointes représentent, à l'échelle 1/2, des coupes obtenues par meulage d'un prisme de béton préparé avec un agrégat concassé de granulométrie continue comportant tous les diamètres depuis 0,3 jusqu'à 60^{mm} répartis suivant la loi préconisée par MM. Caquot et Faury et dosé à 320^{kg} de ciment par mètre cube.

La coupe plane n° 1 a été effectuée un peu obliquement pour explorer, sur une épaisseur de 2^{mm}, la région qui était immédiatement contiguë à la paroi du moule; elle manifeste d'ailleurs pour celle-ci une certaine convexité. Les autres coupes, parallèles à la première, se succèdent à 8^{mm} les unes des autres.

Les photographies de cette sorte, représentant des coupes convenablement espacées, permettent de chiffrer le gradient d'enrichissement en pâte des bétons au voisinage des parois.

MÉCANIQUE. — *Propriétés générales des contacts de roulement. Théorie des similitudes.* Note [1] de M. **André Chartet**, présentée par M. Henri Béghin.

1. *Définitions.* — Soient deux corps de révolution (I) et (II) en contact sous une charge P, ces deux corps pouvant tourner autour de leurs axes Δ_1 et Δ_2 supposés d'abord dans un même plan. Soient S l'aire de contact, a et b ses demi-axes, O son centre, ϖ_m la pression en O. Soient E_1 et E_2 les deux modules d'Young, η_1 et η_2 les deux coefficients de Poisson, E la moyenne harmonique de E_1 et E_2. Définissons un axe Oz sur la normale commune aux deux corps en O, Oy sur l'intersection du plan tangent en O à S avec le plan $O\Delta_2$, Ox sur la normale en O à yOz. Soient R_1 et R_2 les rayons principaux de courbure de (I) et (II) dans xOz, R_3 et R_4 dans yOz. Soient de plus R_{0_1} et R_{0_2} les rayons des parallèles des corps (I) et (II) passant par O, δ_1 l'angle de Δ_1 avec le plan xOy, et δ_2 l'angle de Δ_2 avec ce plan. Nous poserons enfin

$$\Gamma = \frac{\dfrac{(\sin\delta_1)}{R_{0_1}} + \dfrac{(\sin\delta_2)}{R_{0_2}}}{\dfrac{1}{R_1} + \dfrac{1}{R_2}} = \frac{R_1 \operatorname{tg}\delta_2 + R_2 \operatorname{tg}\delta_1}{R_1 + R_2}.$$

(1) Séance du 10 novembre 1947.

Dans le cas de deux cônes d'axes parallèles et de demi-angle au sommet γ, on a $\Gamma = \mathrm{tg}\gamma$. Nous dirons pour cette raison que Γ représente la *conicité du contact*.

2. *Glissement global.* — Supposons que l'on ait fait pivoter Δ_1 autour de Oz d'un *petit* angle θ à partir de sa position précédemment définie, et désignons, à l'instant t considéré, par ω_1 la vitesse angulaire de (I) autour de Δ_1, et ω_2 celle de (II) autour de Δ_2.

Posons $V = \omega_2 R_{0_2}$ et $\psi = 1 - (\omega_1 R_{0_1}/V)$ (ψ étant, dans tout ce qui suit, supposé petit devant 1).

Le *glissement global* (ou glissement relatif des deux corps *supposés non déformés au voisinage de* o) est représenté par un vecteur $\overrightarrow{W}$ de composantes

$$W_x = V\psi \quad \text{et} \quad W_y = V\theta(1-\psi) \# V\theta.$$

3. *Glissements réels et « glissements primitifs » dans* S. — Supposons d'abord nul le coefficient de frottement φ dans S. La vitesse de glissement en chaque point $M(x, y)$ de S serait représentée par un vecteur $\overrightarrow{w_p}$, fonction de θ, ψ, x, y, Γ, P, R_1, R_2, R_3, R_4, E_1, E_2, η_1 et η_2. Nous démontrons alors que si l'on rétablit le frottement dans S, le glissement *réel* $\overrightarrow{w}$ et la force de frottement en M apparaisent comme des fonctions du champ des glissements $\overrightarrow{w_p}$ dans S (ou *glissements primitifs*). Pour φ fonction décroissante de w, nous mettons en évidence le caractère vibratoire du champ des glissements $\overrightarrow{w}$ dans S.

4. *Frottement apparent de roulement.* — Soit $\overrightarrow{F}(F_x, F_y)$ la résultante des forces de frottement dans S. Après avoir défini le *coefficient moyen de frottement* φ_μ dans S, nous définissons les *coefficients d'utilisation* ν_x et ν_y par

$$\nu_x = \frac{F_x}{P\varphi_\mu} \quad \text{et} \quad \nu_y = \frac{F_y}{P\varphi_\mu}, \quad \ldots.$$

Nous établissons alors les relations déterminant ν_x et ν_y en fonction de θ et ψ, c'est-à-dire les *lois du frottement apparent de roulement*. Les fonctions $\nu_x(\theta, \psi)$ et $\nu_y(\theta, \psi)$ ne peuvent en toute rigueur s'exprimer au moyen des fonctions usuelles, mais peuvent être mises pratiquement sous la forme simple

$$\text{(A)} \qquad \nu_x = \frac{\psi}{\sqrt{\psi^2+\theta^2+\alpha_0^2}} \quad \text{et} \quad \nu_y = \frac{\theta}{\sqrt{\theta^2+\psi^2+\beta_0^2}},$$

α_0 et β_0 étant deux coefficients dont nous donnerons plus loin la forme théorique.

5. *Théorie des similitudes.* — Nous dirons que les lois du frottement apparent de roulement sont semblables dans deux contacts (C) et (C′) [ou plus simplement que (C) et (C′) sont *semblables*], si les courbes $\nu_x(\theta, \psi)$ et $\nu_y(\theta, \psi)$ relatives à (C) se déduisent des mêmes courbes relatives à (C′) par une anamorphose connue à priori. Nous démontrons les résultats suivants :

a. Cette anamorphose est obligatoirement de la forme

$$\nu'_x(\lambda\theta, \lambda\psi) \equiv \nu_x(\theta, \psi); \qquad \nu'_y(\lambda\theta, \lambda\psi) \equiv \nu_y(\theta, \psi) \qquad \text{avec} \quad \lambda = \frac{\varphi'_0 \varpi'_m E}{\varphi_0 \varpi_m E'},$$

φ_0 et φ'_0 représentant le coefficient de frottement au démarrage (ou de Coulomb) dans (C) et (C′).

b. Cette correspondance est réalisée moyennant onze *conditions de similitude* se traduisant par l'invariance de onze expressions (ou invariants de similitude), quand on passe de (C) à (C′). Trois de ces invariants ont une importance primordiale; ce sont

$$\frac{b}{a}, \quad \frac{\Gamma}{\varphi_0}, \quad \frac{E_1 - E_2}{\varphi_0(E_1 + E_2)}.$$

6. *Applications de la théorie des similitudes à l'étude d'un contact.* — On peut, dans certaines conditions, faire varier un ou plusieurs paramètres d'un contact sans qu'il cesse de rester *semblable* à lui-même. Ce mode de raisonnement, joint à d'autres considérations théoriques, nous a permis de préciser la forme des coefficients α_0 et β_0 des relations (A), soit

$$\alpha_0^2 = \left(\frac{\varpi_m}{E}\right)^2 \left[\alpha_1^2 \Gamma^2 + \alpha_2^2 \left(\frac{E_1 - E_2}{E_1 + E_2}\right)^2 + \alpha_3^2 \varphi_0^2\right],$$

$$\beta_0^2 = \left(\frac{\varpi_m}{E}\right)^2 \left[\beta_1^2 \Gamma^2 + \beta_2^2 \left(\frac{E_1 - E_2}{E_1 + E_2}\right)^2 + \beta_3^2 \varphi_0^2\right],$$

α_1, α_2, α_3, β_1, β_2, β_3 étant des coefficients numériques, *fonction du seul rapport b/a*. Un raisonnement approché permet de montrer que α_1 et β_1 sont voisins de $\pi/2$, et α_2 et β_2 voisins de $1/4$ pour b/a voisin de 1.

Nous signalerons enfin le théorème suivant, de caractère paradoxal :

Pour des valeurs de θ et ψ tendant vers zéro, le frottement apparent de roulement est assimilable à un frottement fluide, *indépendant du coefficient de frottement sec φ_0 régnant entre les surfaces en contact, lorsque l'on a* $E_1 = E_2$ *et* $\Gamma = 0$.

Une Note ultérieure rendra compte des résultats expérimentaux obtenus, qui confirment les considérations précédentes.

RÉSISTANCE DES MATÉRIAUX. — *La sécurité des pièces de grande longueur.* Note de M. **Robert Lévi**, présentée par M. Albert Caquot.

Si la ruine d'un ouvrage dépend de celle d'une pièce excédant notablement la longueur des éprouvettes au moyen desquelles on apprécie les caractéristiques physiques du matériau, il est intéressant de se rendre compte de la manière dont la probabilité de ruine se différencie de celle d'un élément court. Nous chercherons donc la probabilité totale η pour qu'une fonction $\mathcal{F}(y, \xi)$ soit du signe opposé à son signe normal, η désignant l'abscisse, y étant une

variable aléatoire à laquelle nous relions (1) la fonction λ satisfaisant à la loi de Gauss qui possède la même probabilité cumulative.

On peut alors remplacer $\mathcal{F} = 0$ par $\lambda = \gamma(\xi)$. La fonction γ caractérise la contrainte imposée, λ étant la caractéristique de la résistance.

Nous supposerons que λ varie d'une façon continue mais non chaotique avec ξ et, pour cela, que sa dérivée logarithmique par rapport à ξ satisfait à la loi de Gauss, le paramètre h habituel de cette loi ayant ici la signification d'une longueur. Supposons également que γ' ne change pas de signe en dehors de l'origine des abscisses.

La probabilité totale de ruine, étant extrêmement faible, est sensiblement le total de la probabilité de ruine à l'origine des abscisses et des probabilités $\mathrm{H}\,d\xi$ de franchissement descendant de la fonction γ par la variable λ dans les intervalles $d\xi$ précédant l'origine et de franchissement ascendant au delà.

Nous écrirons

$$\eta = n\,\frac{e^{-\gamma_0^2}}{2\gamma_0\sqrt{\pi}} = \frac{e^{-\gamma_0^2}}{2\gamma_0\sqrt{\pi}}\left(1 + 2\gamma_0 e^{\gamma_0^2}\sqrt{\pi}\int_0^s \mathrm{H}\,d\xi\right).$$

Le coefficient de majoration n est égal au nombre d'éléments dont est faite la pièce considérée, si ces éléments sont d'origines variées.

Calculons H pour un franchissement ascendant de γ par λ. Posons

$$\begin{aligned}\lambda(\xi) &= \gamma - u\,d\xi,\\ \lambda(\xi + d\xi) &= \gamma - u\,d\xi + v\,d\xi.\end{aligned}$$

On a

$$\mathrm{H}\,d\xi = \iint_{u=0,\,v=\gamma'+u}^{\infty} e^{-\lambda^2 - \frac{h^2 v^2}{\lambda^2}}\,\frac{h}{n\lambda}\,du\,d\xi\,dv = \frac{e^{-\gamma^2}}{n}\,dx\int_{\gamma'}^{\infty} e^{-\frac{h^2 v^2}{\gamma^2}}(v - \gamma')\,\frac{h}{\gamma}\,dv.$$

Si γ est constant, on en déduit

$$n = 1 + \frac{\gamma^2 s}{h\sqrt{\pi}}.$$

La longueur équivalant à un joint complet est donc $s_1 = h\sqrt{\pi}/\gamma^2$, soit de l'ordre de $0{,}115\,h\sqrt{\pi}$ dans des conditions normales.

Quand γ varie suivant une allure parabolique, posons

$$\gamma = \gamma_0\left(1 + \frac{\xi^2}{a^2}\right).$$

On a

$$\mathrm{H} = \frac{|\gamma'|\,e^{-\gamma^2}}{2n}\int_{\frac{|h\gamma'|}{\gamma}}^{\infty} \frac{e^{-x^2}}{x^2}\,dx,$$

---

(1) *Comptes rendus*, **225**, 1947, p. 667.

d'où l'égalité approximative

$$n = 1 + \frac{2\gamma_0 e^{\gamma_0^2}}{\sqrt{\pi}} \iint_{\xi=0,\, x=\frac{h\xi}{a^2}} \gamma_0 \frac{\xi}{a^2} e^{-\gamma_0^2\left(1+\frac{\xi^2}{a^2}\right)-x^2} d\xi \frac{d^2}{x^2} = \sqrt{1 + \frac{\gamma_0^2 a^2}{\lambda^2}}.$$

Pour une poutre à section constante et uniformément chargée, le coefficient de majoration est égal, dans une hypothèse antérieurement admise, à

$$\sqrt{1 + \frac{\beta^4}{8}\left(\frac{n\lambda_0^2}{\alpha^2+\beta^2}\right)^{\frac{3}{2}} \frac{l^2}{h^2}},$$

l étant la portée, α et β désignant l'écart moyen du logarithme de la contrainte effective et de la contrainte de ruine et λ_c correspondant à la probabilité de ruine admise.

Dans tous les cas de la pratique, la majoration paraît être faible.

MÉCANIQUE STATISTIQUE. — *Le triage des éléments dans une atmosphère non isotherme.* Note [1] de M. **Évry Schatzman.**

Le calcul du triage des éléments dans une atmosphère non isotherme est, dans le cas général, une opération fort compliquée. Dans le cas d'une atmosphère isotherme dans laquelle se trouve plusieurs éléments en équilibre avec leurs ions et des électrons, le nombre de particules de différentes espèces et d'électrons est donné par

$$p_i^n = g_i^n \frac{(2\pi m_i^n kT)^{\frac{3}{2}}}{h^3} e^{-\alpha_i-(Z_i-n)\beta-\vartheta\left(\Phi m_i - ne\psi + \sum_n \chi_i^n\right)} \tag{1}$$

et par

$$r = 2\frac{(2\pi m_e kT)^{\frac{3}{2}}}{h^3} e^{-\beta-\vartheta(\Phi m_e + e\psi)}, \tag{2}$$

où Z_i est la charge du noyau d'espèce i, n la charge de l'ion (i, n), α_i, β des constantes; $\vartheta = (1/kT)$ définit la température et Φ et Ψ les potentiels de gravitation et électrique.

Dans le cas d'une atmosphère *non isotherme*, les α_i et β ne sont plus des constantes. L'hypothèse de l'équilibre thermodynamique local nous permet de remplacer dans les exponentielles les quantités

$$\vartheta(\Phi m_i - ne\Psi),$$

qui ont une valeur purement locale, par les quantités

$$\int \frac{m_i\Phi' - ne\Psi'}{kT} dz.$$

---

(1) Séance du 3 novembre 1947.

Nous posons $e^{-\alpha_i} = \mathrm{A}_i u$, $e^{-\beta} = \mathrm{B} u$, et la fonction u est déterminée par l'équation de l'équilibre hydrostatique. Après simplification, on obtient

$$\frac{u'}{u} = -\frac{\mathrm{T}'}{\mathrm{T}} \frac{\Sigma p_i^n \frac{\Sigma \chi_i^n}{k\mathrm{T}} + \frac{5}{2}(\Sigma p_i^n + r)}{\Sigma p_i^n (\mathrm{Z}_i - n + 1) + r}. \tag{3}$$

Pour déterminer complètement la fonction u, il faut associer à cette expression l'équation de neutralité électrique

$$\Sigma n p_i^n = r. \tag{4}$$

Si l'on suppose le gaz complètement ionisé (ce que l'on obtient en posant $\chi = 0$), l'équation (3) nous donne

$$\frac{u'}{u} = -\frac{5}{2} \frac{\mathrm{T}'}{\mathrm{T}}, \tag{5}$$

et l'on obtient pour les p_i^n et r les expressions

$$\left\{ \begin{array}{l} p_i \sim \mathrm{T}^{-1} e^{-\int (m_i \Phi' - \mathrm{Z}_e \psi') \Im dz}, \\ r \sim \mathrm{T}^{-1} e^{-\int (m_e \Phi' + e\psi') \Im dz}, \end{array} \right. \tag{6}$$

qui sont conformes aux résultats que donnent l'équation de diffusion [2] lorsque l'on néglige la diffusion de température.

Lorsque l'on a une atmosphère non isotherme d'hydrogène comme dans les naines blanches, on peut calculer la distribution des éléments de façon assez aisée en supposant qu'ils sont en très faible concentration. Comme la température varie proportionnellement à la profondeur géométrique [3] dans la région non dégénérée, on peut utiliser comme seule variable la température. On obtient ainsi

$$p_i^n \sim \mathrm{T}^{\frac{3}{2} - \frac{5}{2}(\mathrm{Z} - n + 1) + \frac{17}{4}\left(2 \frac{\mathrm{A}_i}{\mathrm{A}_1} - n\right)} e^{-\frac{\Sigma \chi_i^n}{k\mathrm{T}}}. \tag{7}$$

L'exposant α de T est considérable. Pour les éléments ionisés deux fois, on a les quelques valeurs suivantes :

Éléments	He	Na	Mg	Si	Ca	Fe
	24,5	163,5	169,5	198,5	285,5	72,5

Les variations de T^α sont beaucoup plus considérables que celles du terme exponentiel. On en conclut que *si aucun autre phénomène n'intervient, la concentration en éléments lourds à la surface des naines blanches doit être imperceptible.*

Ayant une très faible teneur en hydrogène, la présence de raies de Ca^+ dans Van Maanen 2 suggère la possibilité qu'une couche convective d'Unsöld aille chercher à une certaine profondeur des éléments lourds et les ramène à la surface où ils apparaissent dans le spectre.

---

(2) CHAPMAN and COWLING, *Mathematical Theory of non uniform gases.*

(3) *Annales d'Astrophysique*, 8, 1945, p. 143.

CHALEUR. — *Sur les phénomènes d'ionisation accompagnant l'inflammation par point chaud des mélanges carburés.* Note (¹) de M. **Rostislav Vichnievsky**, présentée par M. Gustave Ribaud.

Au cours de nos précédentes expériences (²) sur l'allumage par point chaud, le courant d'ionisation servait à préciser l'instant où l'allumage de l'ensemble de la charge contenue dans le moteur n'était plus provoqué par l'étincelle d'allumage. Ce courant d'ionisation se produisait au voisinage de l'électrode exploratrice occupant, dans le cylindre du moteur, une position diamétralement opposée à la bougie d'allumage.

La courbe représentant l'intensité du courant d'ionisation en fonction du temps est essentiellement différente suivant que l'électrode exploratrice est polarisée positivement ou négativement par rapport à la masse. L'intensité du courant est beaucoup plus importante pour la polarisation positive, de 8 à 10 fois selon les conditions de fonctionnement du moteur. En outre la courbe correspondant à l'électrode positive présente de nombreuses irrégularités, tandis que la courbe relative à l'électrode négative ne présente pratiquement aucun phénomène vibratoire. Ce point est particulièrement important pour la détection du cliquetis qui accompagne parfois le phénomène d'auto-allumage et qui se manifeste sur la courbe par un phénomène vibratoire régulier.

En l'absence de chauffage du filament, l'enregistrement E de l'étincelle sur le tracé de la courbe d'ionisation permet de préciser la durée de propagation de la flamme (*fig.* 1).

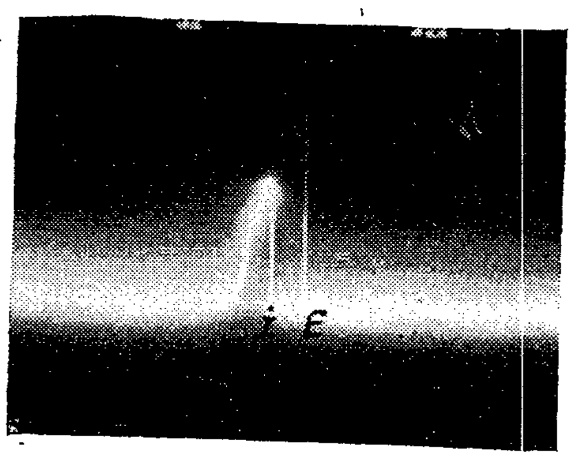


Fig. 1. — Allumage normal (sans point chaud).

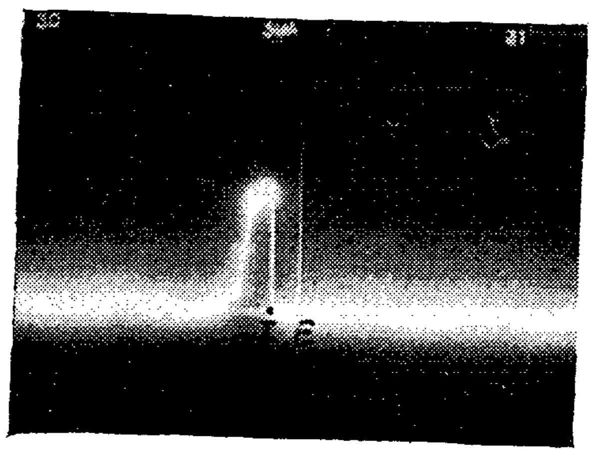


Fig. 2. — Avant auto-allumage. Courant dans la résistance. I = 9,5 A.

L'introduction, au voisinage de l'électrode exploratrice, d'un filament chauffé utilisé pour provoquer le pré-allumage, modifie l'allure de la courbe tout en

(¹) Séance du 10 novembre 1947.

(²) *Sur la tendance des différents carburants à s'enflammer au contact d'un point chaud* (*Comptes rendus*, **225**, 1947, p. 565).

maintenant la même intensité maximum. Sous l'action du chauffage, les gaz paraissent rester ionisés pendant un temps beaucoup plus long; en outre le chauffage introduit parfois le phénomène vibratoire correspondant au cliquetis (*fig*. 2, 3 et 4).

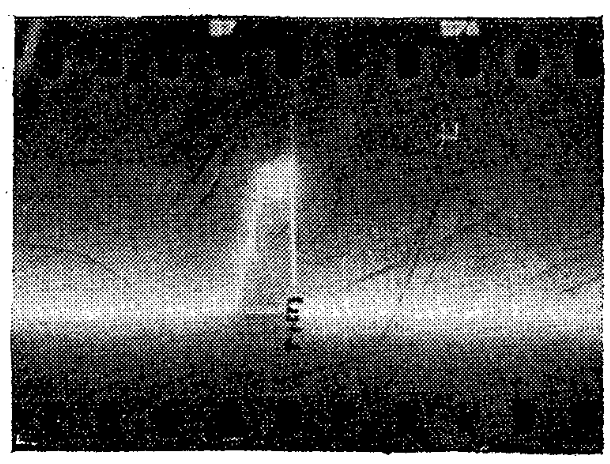


Fig. 3. — Auto-allumage.
Courant dans la résistance.
I = 10,7 A.

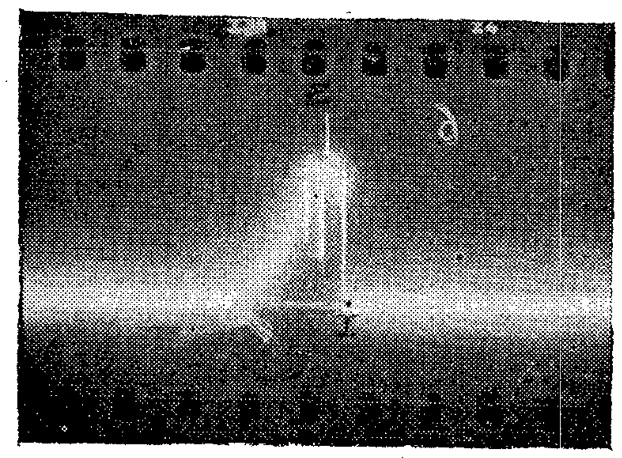


Fig. 4. — Auto-allumage.
Courant dans la résistance.
I = 11,8 A.

(Coïncidence du décrochement de la courbe avec parasite d'allumage.)

Lorsque la température du filament chauffé atteint une valeur relativement importante (*fig*. 2), la charge restante, portée également à une température relativement élevée par suite de la combustion des premières tranches, s'enflamme un peu avant l'arrivée du front de flamme primaire, ce qui donne aux enregistrements l'apparence de la réduction continue de la durée du parcours de la flamme.

La coïncidence du point d'allumage avec le début du phénomène d'ionisation précise la température du point chaud (déduite de la puissance dissipée dans le fil) nécessaire au pré-allumage par point chaud du mélange carburé dans les conditions de température et de pression correspondant à celles qui existent au moment où éclate l'étincelle d'allumage (*fig*. 3). Dans certains cas, la température du point chaud nécessaire à l'allumage, dans les conditions de la charge restante en fin de combustion, correspondra peut-être, non plus au produit initial, mais à des fractions plus ou moins oxydées.

La présence d'un point chaud, pour certains combustibles, se traduit d'abord par une combustion vibratoire qui dégénère en combustion avec pré-allumage par point chaud (allumage par point chaud avant l'éclatement de l'étincelle) (*fig*. 4). La faible puissance dissipée par la résistance électrique ne doit pas avoir d'influence directe sur la vitesse de propagation de la flamme.

Ainsi le point chaud agit indirectement sur la réduction de la durée de parcours apparent de la flamme. A partir du moment où il se produit une inflammation de la charge restante dans les conditions de fin de combustion, ce n'est plus l'arrivée du front de la flamme primaire que détecte l'électrode exploratrice, mais l'instant de l'inflammation de la charge restante. En plaçant l'électrode exploratrice dans une position diamétralement opposée à la résis-

tance chauffante et la bougie d'allumage dans un plan diamétral perpendiculaire à celui défini par l'électrode exploratrice et la résistance chauffante, on constate la même évolution de la durée de parcours apparent de la flamme.

ÉLECTRICITÉ. — *Fonctionnement d'un électromètre d'un type proposé par M. Villey.* Note de M. **Jean Lacaze**, présentée par M. Charles Maurain.

M. J. Villey (1) a proposé, pour certains usages, l'utilisation d'un électromètre à quadrants filiformes, l'aiguille étant constituée par un simple cadre rectangulaire en fils cylindriques, afin de rendre calculables les coefficients de capacité.

M. J. Coulomb a fait construire un tel électromètre, les quadrants étant, non plus filiformes, mais cylindriques; cet appareil a d'abord servi comme enregistreur électro-mécanique pour des mesures de conductibilité de l'air et de seuils de mobilité d'ions atmosphériques, l'amortisseur étant constitué par une lame de contreplaqué collée à l'aiguille (pseudo-période de l'ordre de la minute; décrément logarithmique voisin de 22); puis il a servi d'enregistreur photographique pour l'étude des neutrons rapides cosmiques, le même amortissement étant conservé.

L'étude théorique de l'appareil a été faite suivant une méthode, suggérée par M. J. Coulomb, et qui consiste essentiellement à considérer la cage comme un cylindre de rayon très grand, qui s'élimine dans les équations entre potentiels et charges des diverses parties, d'où la possibilité de ne faire intervenir dans les expressions des coefficients de capacité que les grandeurs géométriques intéressant le condensateur électrométrique lui-même. Cette méthode permet de retrouver, au moins en ce qui concerne le montage hétérostatique non symétrique, les résultats expérimentaux, dont les principaux sont les suivants :

1° Il y a trois sortes de stabilités :

stabilité totale;

stabilité centrale, au voisinage de la position de l'aiguille correspondant à un même potentiel V des quadrants;

stabilité marginale, le secteur central étant seul instable.

La discrimination expérimentale de ces trois cas peut être rendue difficile par la géométrie de l'appareil.

Il se produit d'ailleurs le curieux phénomène suivant : la seule quantité variable étant V^2, il peut y avoir instabilité marginale pour des valeurs inférieures à un certain seuil, et stabilité totale pour des valeurs supérieures.

En raison de la nature de l'amortissement, il n'y a pas de phénomènes transi-

(1) *Sur l'application de l'électromètre à des mesures industrielles* (*Journal de Physique et le Radium*, série VI, 8, octobre 1927, p. 397).

toires entre stabilité et instabilité, comme cela se produit par exemple dans l'électromètre monofilaire Wulf.

2° Soient O le potentiel de l'aiguille, V celui des quadrants à potentiel fixe, $V - v$ celui des quadrants à potentiel variable. La courbe d'étalonnage $\theta = f(v)$ coupe l'axe des v aux points d'abscisses O et $-2V$, entre lesquels elle présente un minimum, et elle possède deux asymptotes parallèles à l'axe des θ pour deux valeurs de v extérieures à l'intervalle O, $-2V$. Il y a donc labilité au voisinage de ces deux valeurs.

3° Toutes choses égales d'ailleurs, la sensibilité en potentiels au voisinage de $v = O$ est d'autant plus grande que le cadre de l'aiguille est plus fin, que $|V|$ est plus grand et que les quadrants sont plus gros.

4° Il est pratiquement impossible d'avoir une sensibilité en charges à peu près constante au voisinage de l'origine. Cette sensibilité est d'autant plus grande que (V) est plus grand et que le rectangle des quadrants est plus allongé dans le sens du plan de l'aiguille.

Il est aisé d'atteindre au voisinage de l'origine une sensibilité en potentiels proche de 1/200 de volt; la sensibilité en charges de $0,5 . 10^{-14}$ coulomb, qui est apparue suffisante pour les recherches effectuées, est en réalité très loin des possibilités de l'appareil.

L'étude expérimentale a en outre permis de reconnaître que :

des oscillations de faible amplitude de l'aiguille dans son plan sont sans effet sur le régime des oscillations transversales;

le lourd pied en fonte sur lequel est fixée la cage de l'électromètre amortit très fortement les vibrations d'origine extérieure;

seul un vent très fort (15 m:s), soufflant par rafales et faisant vibrer les bâtiments, provoque des oscillations d'une amplitude gênante.

L'appareil est très aisément transportable, à condition d'enlever l'aiguille (ce qui peut être fait sans toucher aux quadrants).

Le calcul donne pour la capacité de l'aiguille et pour celle d'un quadrant des valeurs voisines de 8^{cm}; pour les coefficients d'influence, des valeurs voisines de 4^{cm}. Le premier de ces nombres avait déjà été obtenu par une méthode expérimentale, mais de telles mesures risquent d'être fortement perturbées à Tamanrasset par la polarisation des diélectriques hydrogénés due aux neutrons rapides cosmiques.

ÉLECTROPHOTOPHORÈSE. — *Charges apparentes d'électrophotophorèse plus petites que l'électron.* Note (¹) de M. **Pierre Tauzin**, présentée par M. Aimé Cotton.

On sait que certaines particules en suspension dans l'air, placées dans un faisceau lumineux intense, et soumises au champ électrique, se déplacent d'un

(¹) Séance du 3 novembre 1947.

mouvement de translation dans la direction du champ, dans un sens ou dans l'autre; le mouvement cesse quand on met un verre absorbant sur le trajet du faisceau, pour réapparaître quand on enlève le verre (électrophotophorèse). Tout se passe comme si ces particules, qui sont électriquement neutres en lumière faible, portaient, pendant qu'elles sont fortement éclairées, une charge électrique positive ou négative (charge électrophotophorétique). A la différence de ce qui a lieu dans l'effet photoélectrique, la charge d'électrophotophorèse disparaît quand on supprime le faisceau lumineux (²).

J'avais déjà calculé la charge d'électrophotophorèse pour des particules supposées sphériques d'arc au cuivre dans l'azote, en utilisant les formules classiques qui régissent leur chute et leur déplacement dans le champ électrique. J'avais trouvé, pour ces particules éclairées par la lampe à vapeur de mercure sous pression Philips S. P. 500, des charges environ dix fois plus petites que celle de l'électron (³). J'ai voulu vérifier ce fait curieux d'une façon plus précise, et en utilisant au lieu de la source lumineuse précédente, alimentée en courant alternatif, une source alimentée en courant continu. J'ai comparé, dans un champ électrique, pour une même particule de cuivre, sa vitesse d'électrophotophorèse et sa vitesse après qu'elle a capturé une charge électrique élémentaire positive ou négative.

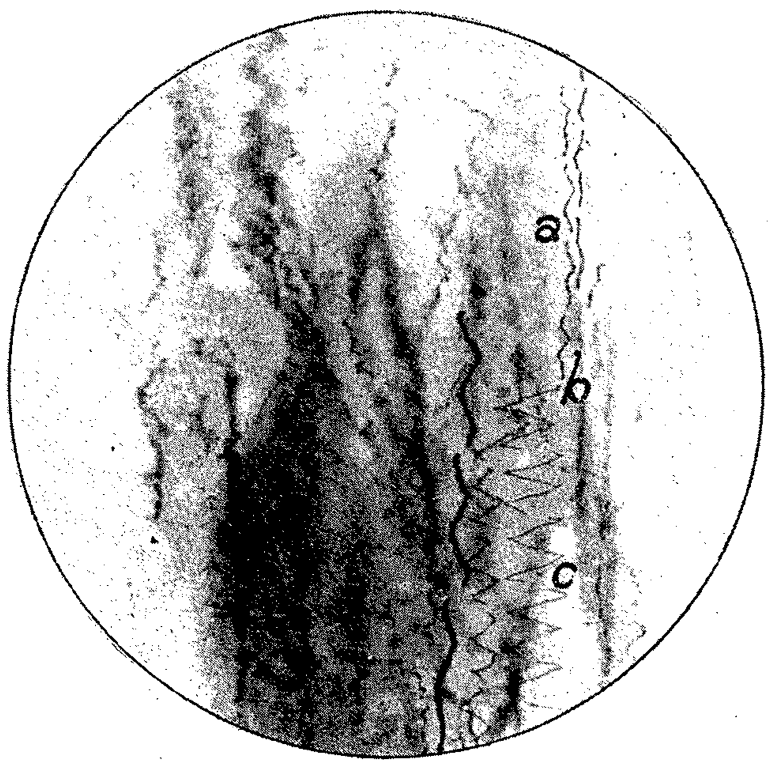
La fumée de cuivre, introduite dans une cuve d'environ 50^{mm^3} de volume intérieur, est éclairée par un faisceau vertical atténué par un verre fortement absorbant. Un champ électrique horizontal constant, appliqué aux bornes de la cuve, élimine d'abord les particules électrisées. Quand il ne reste plus que celles qui sont électriquement neutres, on alterne périodiquement le champ. Aucune particule n'oscille. Mais, dès qu'on enlève le verre absorbant qui atténuait le faisceau, quelques-unes se mettent à osciller. On ouvre alors l'obturateur de la chambre photographique. Au bout d'une dizaine de secondes, on approche de la cuve un tube de radium. On l'y laisse pendant une trentaine de secondes et l'on ferme l'obturateur. Les rayons γ ont ionisé l'atmosphère et quelques particules ont capturé des ions; en particulier, celles d'entre elles qui oscillaient déjà sous l'action de l'électrophotophorèse présentent des oscillations d'amplitudes beaucoup plus grandes, comme on le voit sur les clichés 1 et 2. L'examen de ces clichés confirme que la charge apparente d'électrophotophorèse est, pour les clichés considérés, plus petite que celle de l'électron. Le rapport des deux charges est ici environ 1/5. Notons que la valeur de la charge d'électrophotophorèse dépend de la composition spectrale et de l'intensité du faisceau d'éclairage, et qu'il ne serait pas à priori impossible de trouver, dans certains cas, de telles charges égales ou supérieures à la charge élémentaire.

Il faut maintenant vérifier que la charge capturée est bien une seule charge

---

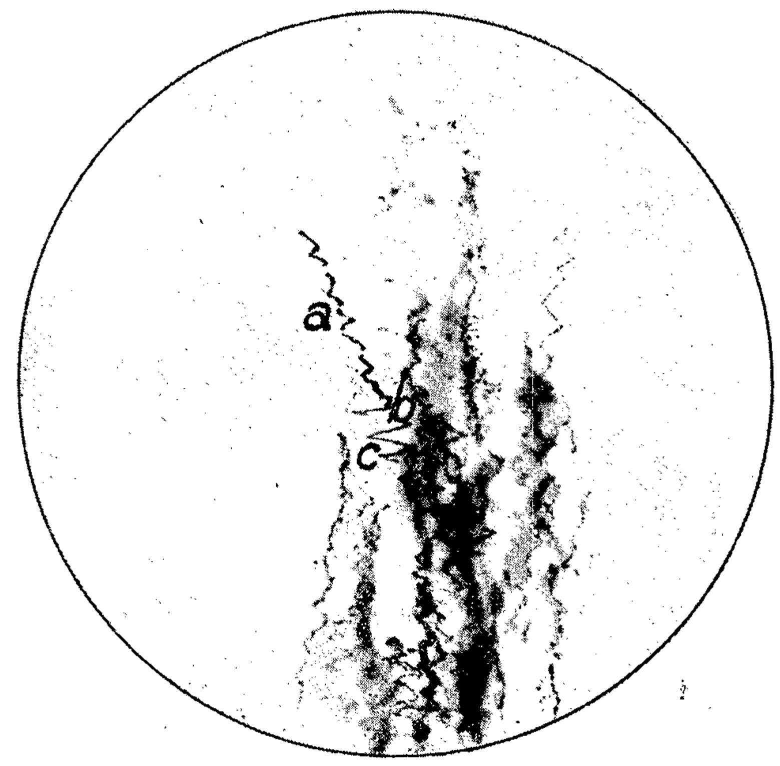
(²) EHRENHAFT, *Annales de Physique,* **13**, 1940, p. 156; P. TAUZIN, *Comptes rendus des Séances de la Société Française de Physique*, 1945, p. 22 S.

(³) *Annales de Physique,* **2** (septembre-octobre 1947), p. 457.



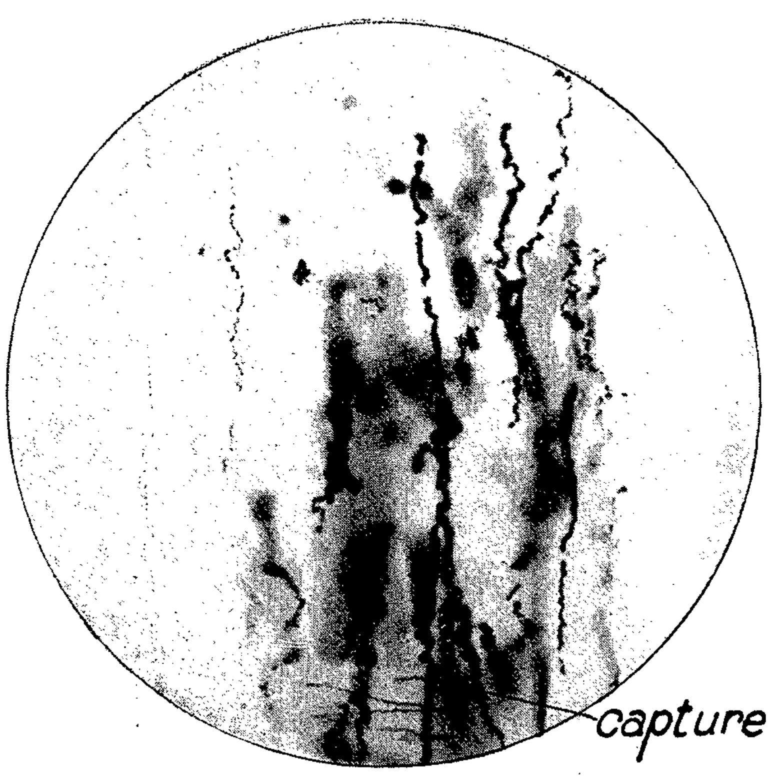
Cliché 1.

Fumée d'arc au cuivre. Le mouvement vertical des particules est la résultante de la chute et de la photophorèse longitudinale. Remarquer la trajectoire *abc*. Les oscillations *a* sont purement électrophotophorétiques. En *b*, capture d'une charge positive élémentaire. Pendant les oscillations *c*, la charge de l'ion positif capturé s'ajoute à la charge apparente d'électrophotophorèse. Grandissement 40. Température 19°.



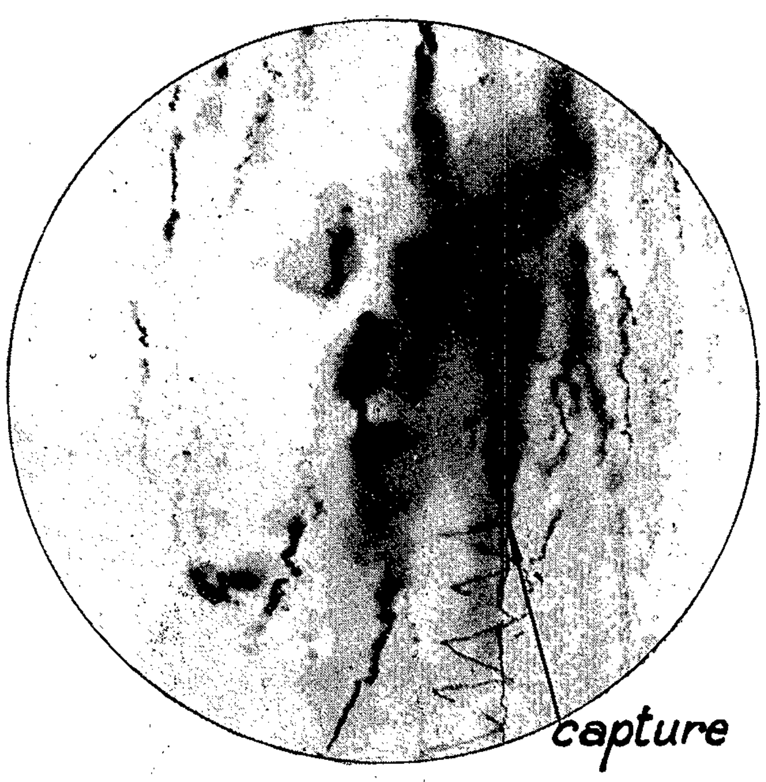
Cliché 2.

Légende analogue à celle du cliché 1. Mais l'examen du chemin *abc* montre que la particule qui a suivi ce chemin, s'est, en outre, déplacée vers la droite, sous l'effet de la photophorèse transversale. Grandissement 40. Température 23°.



Cliché 3.

Brouillard d'huile de vaseline. Remarquer, au bas du cliché, une particule, d'abord neutre, ayant oscillé après capture d'une charge négative élémentaire. Il n'y a aucun phénomène de photophorèse. Le mouvement vertical est dû uniquement à la chute. Grandissement 40. Température 16°.



Cliché 4.

Brouillard d'huile de vaseline. Remarquer la capture d'une charge positive élémentaire par une particule. Il n'y a aucun phénomène de photophorèse. Le mouvement vertical est dû uniquement à la chute. Grandissement 40. Température 21°.

élémentaire. Pour en être sûr, on fait une expérience de contrôle, exactement dans les mêmes conditions que la précédente, en remplaçant la fumée de cuivre par un brouillard d'huile de vaseline. Il est d'ailleurs inutile d'opérer en lumière faible, pour introduire ce brouillard dans la cuve, car l'huile de vaseline ne subit pas l'électrophotophorèse. Sur chacun des clichés 3 et 4, l'on aperçoit la capture d'un ion par une particule d'huile d'abord neutre. Le calcul classique de Millikan montre bien que, pour ces deux captures, on a affaire à une seule charge élémentaire; il en a été de même pour toutes les autres captures que nous avons pu photographier.

Le fait que l'on a obtenu uniquement des captures simples était à prévoir avant tout calcul, car le champ agissait aux bornes de la cuve pendant qu'on approchait le radium et balayait les ions au fur et à mesure de leur formation. Le nuage ionique dans la cuve à particules ne pouvait donc pas atteindre une densité bien élevée. Dans ces conditions, les captures sont très rares, ainsi que l'ont signalé autrefois Millikan et Ehrenhaft. Aussi bien pour le cuivre que pour l'huile de vaseline, je n'ai obtenu qu'une capture pour cinq clichés environ.

La source lumineuse utilisée dans toutes ces expériences est l'arc électrique entre charbons, alimenté par un courant continu de 25 ampères, et dont la lumière était tamisée par une épaisseur de 27^{mm} d'une solution de sulfate de cuivre à 20^{g} par litre. Le champ électrique alterné était de 2000 volts par cm, et la durée d'une oscillation simple de ce champ était de 60/52 sec. Le faisceau lumineux était interrompu, toutes les deux oscillations, pendant 5/10 de seconde.

Pendant les interruptions du faisceau, visibles sur les clichés, le champ électrique était dirigé de gauche à droite, et ceci permet d'obtenir les signes des charges électriques ou électrophotophorétiques des particules. L'observation de ces interruptions sur les clichés 1 et 2 met en évidence la différence essentielle qui existe entre le déplacement d'une particule électrisée ordinaire et le déplacement dû à l'électrophotophorèse pure. Lorsque l'on coupe le faisceau dans le premier cas, la particule continue à se déplacer dans l'obscurité sous l'action du champ électrique et de la chute, comme elle le ferait en présence de la lumière; dans le second cas, bien que soumise au champ électrique, elle ne subit que la chute et tombe verticalement.

La méthode utilisée n'exige aucune hypothèse relative à la forme des particules ou à leur densité; elle est valable, en particulier, si ces particules sont irrégulières et de structure spongieuse.

SPECTROSCOPIE. — *Étude par spectrographie infrarouge de la fréquence de vibration caractéristique des cétones dans les cyclopentanones substituées en ortho et dans les cétones aliphatiques*. Note de M. **Claude Cherrier**, présentée par M. Jean Cabannes.

Nous continuons notre étude entreprise par spectrographie Raman et infrarouge sur la vibration de valence $\nu(C=O)$ de quelques cétones. Outre la

cyclopentanone déjà étudiée par Lecomte ([1]), nous avons étudié 6 cyclopentanones substituées en ortho, dont nous donnons les principales bandes d'absorption : (1) cyclopentanone : 5,74; 6,83; 7,12; 7,83; 8,12; 8,56; 10,37; 10,88; 11,95; (2) orthopropylcyclopentanone : 5,77; 6,85; 7,10; 7,90; (3) orthopropylidènecyclopentanone : 5,88; 6,93; 7,80; 8,25; (4) orthoisopropylcyclopentanone : 5,78; 6,18; 7,00; 7,33; 7,90; 8,55; 8,88; (5) orthoisopropylidènecyclopentanone : 5,87; 6,15; 6,98; 7,26; 7,70; 7,90; 8,52; 8,85; (6) orthocyclopentylcyclopentanone : 5,82; 6,92; 7,13; (7) orthocyclopentylidènecyclopentanone : 5,93; 6,14; 7,07; 7,70; 7,98; 8,50; 9,35; 9,83; 10,47; 10,90; 11,10; 11,50; 12,05. Nous avons choisi 3 cétones saturées et les 3 cétones identiques avec une liaison double conjuguée de la liaison $C=O$ et nous vérifions que cette conjugaison de liaisons abaisse considérablement la fréquence de la vibration $\nu(C=O)$. Dans la zone où nous avons étudié ces cétones et dans leur spectre Raman, nous retrouvons la correspondance indiquée par Lecomte ([1]) et par Rietz ([2]) entre les bandes d'absorption et les raies Raman et les différents modes de vibrations de la cyclopentanone et nous l'étendons aux autres cétones. La vibration de valence $\nu(C=O)$ vers $5^{\mu},8$ ou $5^{\mu},9$, suivant qu'il y a conjugaison ou non. Les vibrations de déformation $\delta(CH_2)$ vers $6^{\mu},9$ et $7^{\mu},1$; la vibration ω_4 vers $7^{\mu},8$; la vibration ω_2 vers $8^{\mu},2$; la vibration ω_5 vers $8^{\mu},5$; la vibration ω_3 vers $9^{\mu},9$; la vibration ω_1 vers $10^{\mu},9$; la vibration ω_6 vers $11^{\mu},5$; la vibration $\gamma(CH_2)$ vers 12^{μ}.

Nous avons étudié 19 cétones aliphatiques. Lecomte ([3]) a déjà étudié les six premières sans donner les résultats numériques mais seulement un tableau donnant la position des raies Raman et des bandes d'absorption. Les principales bandes d'absorption de ces cétones sont : (8) méthyléthylcétone : 5,83; 7,00; 7,30; 7,95; 8,37; 8,55; 9,18; 10,07; 10,50; (9) méthylpropylcétone : 5,87; 6,32; 6,85; 7,02; 7,33; 7,82; 8,50; 8,97; 9,75; 10,47; 11,17; (10) méthylhexylcétone : 5,87; 6,88; 7,08; 7,33; 7,85; 8,18; 8,58; 9,00; 9,50; 10,50; 11,00; (11) méthylnonylcétone : 5,86; 6,88; 7,04; 7,38; 8,15; 8,57; 9,40; 10,20; 10,60; (12) méthyl-*n*-amylcétone : 5,83; 7,00; 7,30; 7,80; 8,15; 8,64; 9,00; 10,65; (13) di-*n*-propylcétone : 5,87; 7,05; 7,26; 7,81; 8,50; 8,70; 8,82; 9,66; 10,15; 11,02; 11,41; (14) di-*n*-butylcétone : 5,83; 6,30; 6,78; 7,00; 7,30; 7,97; 8,20; 8,85; 9,57; (15) méthylvinylcétone : 5,95; 6,05; 7,09; 7,22; 7,98; 8,90; 9,00; 9,10; 9,45; (16) isoamylacétone : 5,78; 6,46; 6,82; 7,05; (17) isobutyrone : 5,84; 6,43; 6,77; 7,29; 8,45; 9,20; 9,76; 10,82; 11,20; 11,63; (18) pivalone : 5,94; 6,75; 7,23; 8,18; 8,34; 9,42; 10,24; (19) 3-méthyl-4-octanone : 5,83; 6,85; 7,25; 7,87; (20) 3,5-diméthyl-4-heptanone :

([1]) *Journ. de Phys.*, 1945, p. 257.

([2]) *Zeits. phys. chem.*, 35, 1936, p. 363; 33, 1936, p. 179; 38, 1937, p. 381.

([3]) *Journ. de Phys.*, 1945, p. 127.

5,85; 6,86; 7,25; 7,85; (21) monochloracétone : 5,80; 6,50; (22) butylcyclopentylcétone : 5,85; 6,92; 7,25; 7,65; 7,96; 8,83; 9,45; 10,95; (23) éthylcyclopentylcétone : 5,87; 6,13; 6,89; 7,30; 7,85; 8,75; 9,73; 10,60; 11,30; 12,10; (24) cyclopentylcyclohexylcétone : 5,87; 6,88; 7,33; 7,67; 8,00; 8,70; 9,10; 9,50; 10,15; 10,50; 11,06; 11,81; 12,50; (25) α.α-dibenzylacétone : 5,84; 6,22; 6,67; 6,87; 7,34; 8,35; 8,58; 9,25; 9,73; 10,15; 10,95.

Lecomte ([3]) a fait une étude complète de l'acétone; or, en écrivant la formule générale des cétones R-CO-R′, on retrouve un modèle à 4 masses analogue à celui de l'acétone, et Lecomte ([3]) a remarqué qu'il existe un certain nombre de vibrations de l'acétone qui se retrouvent assez peu déplacées dans les spectres des cétones R-CO-R′, ces bandes caractériseront la fonction cétone; nous retrouvons ces résultats pour les nouvelles cétones étudiées, et nous retrouvons aussi les bandes caractéristiques des chaînes carbonées. Le maximum d'absorption, situé vers $5^{\mu},85$, qu'on retrouve en spectrographie Raman sous forme d'une raie forte et polarisée, est dû à la vibration de valence ν (C = O). Les fréquences voisines de $19^{\mu},5$ et 17^{μ} rappellent les fréquences ω_3 et ω_5 de l'acétone; nous les retrouvons en spectrographie Raman, malheureusement elles se trouvent hors de notre domaine spectral infrarouge. Entre $8^{\mu},75$ et $8^{\mu},89$ se place une bande d'absorption semblable à celle de la vibration ω_4. La vibration ω_6 de l'acétone se retrouve dans les spectres Raman vers 24^{μ}. Vers 7^{μ}, 4 et $6^{\mu},9$ se trouvent les bandes caractéristiques des vibrations de déformation CH_3 ou CH_2. Vers $8^{\mu},9$ on retrouve la vibration δ_{45} du groupe CH_3 indiquée par Lecomte. Vers $11^{\mu},1$ on retrouve une vibration gauche γ (CH) et vers $10^{\mu},2$ une vibration de l'acétone. Nous avons encore étudié 3 acétophénones dont nous donnons les principales bandes d'absorption : (26) acétophénone : 5,90; 6,23; 6,97; 6,84; 7,33; 7,65; 7,90; 8,45; 9,25; 10,45; 10,75; 11,80; (27) monoallylacétophénone : 5,95; 6,23; 6,97; 7,33; 7,85; 8,27; 10,20; 11,02; (28) triallylacétophénone : 5,96, 6,15; 6,93; 7,75; 8,12; 9,15; 10,05; 10,85; 11,60. La fréquence de la vibration ν (C = O) se retrouve abaissée vers $5^{\mu},95$ du fait des conjugaisons avec les liaisons aromatiques.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Comportement d'une particule ultra-légère chargée et douée de moment magnétique.* Note ([1]) de M. **Jean Thibaud**, présentée par M. Maurice de Broglie.

1. L'émission de neutrinos par les radio-éléments β pose la question des propriétés à attribuer à une particule qui serait *essentiellement spin*. Cette particule n'est pas nécessairement neutre, et en supposant même que ses autres caractères, charge ε et masse propre m_0, soient évanescents, le rapport de ceux-ci

([1]) Séance du 17 novembre 1947.

peut demeurer fini : d'où la prévision d'un moment magnétique $\mu = seh/2\pi m_0$ sans doute très supérieur, par suite de la petitesse de la masse propre, au moment de l'électron : il serait donc expérimentalement décelable. Admettons, provisoirement, que la particule ultra-légère accompagnant la désintégration β puisse posséder une charge ε [de l'ordre électronique ou plus petite : électrinos (2)]. Les idées de M. L. de Broglie sur la constitution neutrinienne de la lumière, comme divers faits expérimentaux (3), suggèrent que la masse propre m_0 de la particule ultra-légère que nous essayons de caractériser puisse être comparable à celle du photon, soit 10^{-39} g (4). Ceci conduit à une valeur voisine de l'unité pour le rapport μ/ε_s du moment à la charge. Ainsi, placée dans un champ magnétique inhomogène, la nouvelle particule subirait-elle de la part du gradient $\partial\mathcal{H}/\partial r$ une force $\mu\,\partial\mathcal{H}/\partial r$ qui serait de *même grandeur* que la force de Lorentz $\varepsilon_m c\mathcal{H}$ qu'elle doit au champ : on envisage alors les importantes modifications apportées aux enroulements classiques dans les champs.

2. La recherche d'un spectre continu de particules faiblement ionisantes, comme les électrinos, serait possible dans un spectrographe magnétique décelant les caustiques des trajectoires individuelles (5). Recherchons ici les enveloppes de trajectoires dans le cas de particules non plus soumises comme les rayons β, à la seule force de Lorentz, mais, cas plus général, à la combinaison des deux forces précitées, dont la symétrie dans le champ n'est pas la même, puisque l'une, perpendiculaire à la vitesse, tourne dans l'espace pendant l'évolution de la particule, tandis que la seconde, toujours radiale, reste parallèle à elle-même. D'un point source M, placé à la périphérie d'un champ magnétique à symétrie cylindrique et de forme $\mathcal{H}(r)$ décroissante, les particules sont émises dans toutes les directions, sans aucun collimateur, avec des énergies E_0 distribuées suivant un spectre continu : parmi elles, les unes, de charge positive et de moment μ orienté parallèlement au champ, les autres négatives et orientées antiparallèlement, de sorte que, lorsque la vitesse v sera sensiblement normale au rayon r du champ, les deux forces agissantes pourront devenir antagonistes : seule leur différence Δ agira sur la particule. Or, si l'on s'éloigne de M suivant le rayon r, dans un sens ou dans l'autre, Δ est toujours croissante (*fig.* 1), en sorte qu'on peut attendre pour les particules

(2) J. Thibaud, *Comptes rendus*, 223, 1946, p. 984.

(3) Les effets d'électro- et de magnétophotophorèse, signalés par Ehrenhaft et par Tauzin, peuvent être dus à la formation continue de paires électriniennes à partir des photons. Par ailleurs, une récente expérience de J. Stark sur la lumière semblerait indiquer l'existence d'un moment électrique décelable des photons : or nos électrinos devraient posséder également un moment électrique normal à μ et à la vitesse.

(4) En réalité, la masse du photon devrait être encore plus faible, au plus de l'ordre de 10^{-44} g. La différence de ces masses pourrait correspondre à l'énergie de formation du photon.

(5) J. Thibaud, *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 934.

des deux signes émises dans des directions v_0 différentes, dans le plan équatorial du champ, des enveloppes I et II analogues aux *paraboles de sûreté* des projectiles pesants (*fig.* 2).

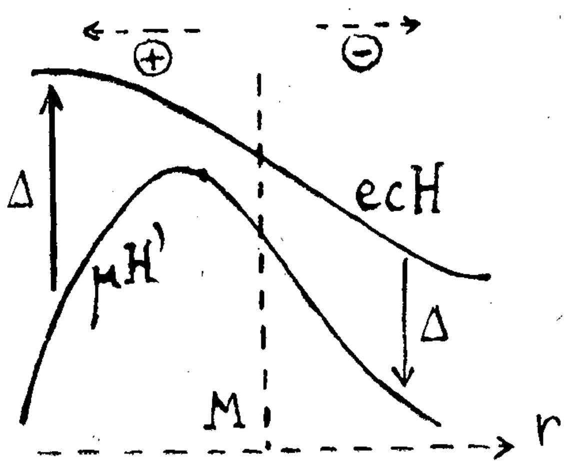


Fig. 1.

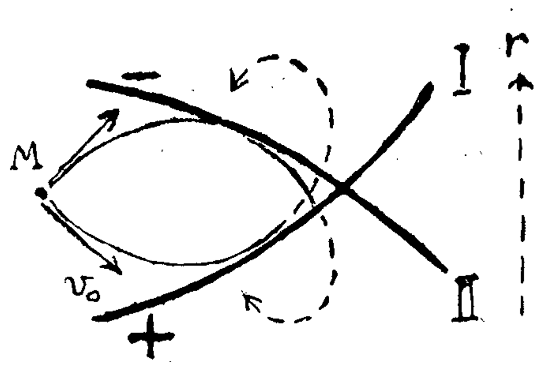


Fig. 2.

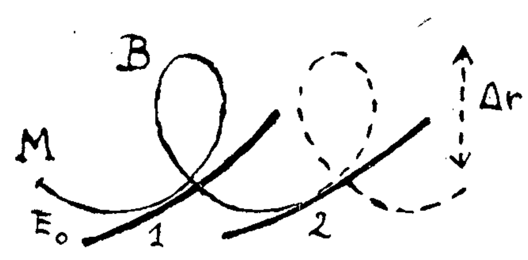


Fig. 3.

De plus, il faut tenir compte des variations appréciables dE/dr de l'énergie E_0 de la particule dans les portions de sa trajectoire où elle se déplace dans la direction du gradient, en sorte que si la condition $\mu\int(\partial\mathcal{H}/\partial r\,dr)\cong E_0$ est remplie (elle le sera si μ est important), on doit prévoir le retournement en B de la force de Lorentz qui s'ajoutera alors à $\mu.\partial\mathcal{H}/\partial r$: ainsi, bien qu'en B le champ soit déjà faible, obtiendrons-nous des boucles périodiques même pour les particules positives *parallèles* (*fig.* 3). Enfin, lorsque l'énergie initiale des particules émises variera jusqu'à E_m, chaque boucle glissera le long de son enveloppe 1, 2 et la périodicité des trajectoires impose que ces caustiques soient multiples : ainsi apparaîtront à la périphérie du champ deux familles distinctes d'enveloppes (*fig.* 4 et 5), selon le signe de la particule, et n'ayant

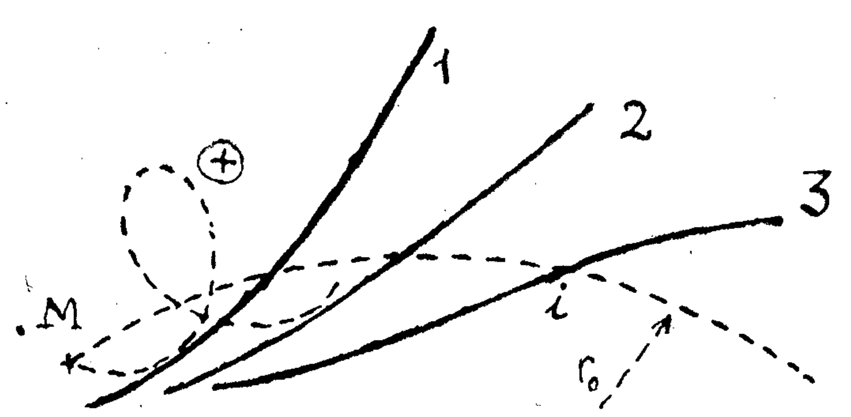


Fig. 4.

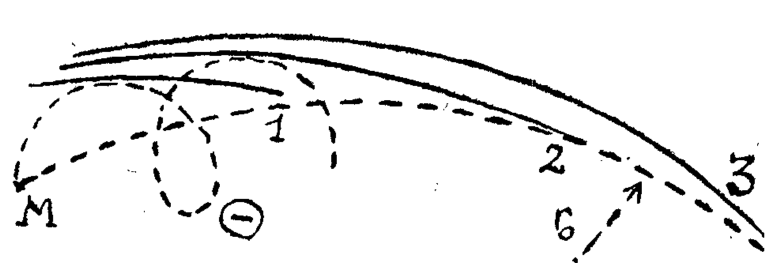


Fig. 5.

pas les mêmes caractères de symétrie : les caustiques *positives* concaves vers le haut [à la différence des caustiques β toujours convexes ([4])] ou présentant un point d'inflexion i (*fig.* 4); les caustiques *négatives*, convexes cette fois, serrées entre elles, tout en se rapprochant de plus en plus, par suite de la courbure du champ, du cercle r_0 passant par M, jusqu'à simuler un mouvement quasi stationnaire des particules le long de ce cercle (*fig.* 5).

CHIMIE PHYSIQUE. — *Diffusion centrale des rayons X et microscopie électronique.* Note (1) de M. **Henry Brusset**, présentée par M. Paul Pascal.

Nous avons étudié les carbones amorphes suivants :

Noir d'acétylène (1 actif), 1 (*fig.* 1);
Noir activé 1, 2 (*fig.* 2);
Noir d'anthracène, 3 (*fig.* 3);
Noir de naphtalène, 4;
Noir pour caoutchouc, 5;
Noir de fumée, 6.

Nous avons utilisé la méthode d'analyse de la diffusion centrale produite par les rayons X (rayonnement monochromatique CuK_α) et l'observation au microscope électronique (microscope commercial C. S. F., grossissement 10000 et parfois 14000).

Avec un grossissement de 10000, un dixième de millimètre, qui est parfaitement observable, correspond à 100 Å. Le pouvoir séparateur du microscope permet à la limite de distinguer deux points distants de 35 Å.

La diffusion centrale donne des indications sur le nombre, les dimensions moyennes et la distribution des divers micelles d'un échantillon par l'intensité générale diffusée, la pente limite de la caractéristique $\log I = f(\varepsilon^2)$ (I : intensité diffusée sous l'angle ε) et la forme même de la caractéristique.

Nous savons que le domaine révélé par la diffusion centrale (2) est en grande partie commun avec une partie du domaine prospecté par la microscopie électronique; mais alors que le microscope électronique montre bien ce qui se passe entre 100 Å et quelques microns, la diffusion centrale renseigne surtout sur le domaine des particules inférieures à 100 Å et même sur des particules de 15 à 20 Å. Ainsi les domaines d'étude sont plutôt complémentaires qu'identiques.

Notons toutefois que des travaux faits sur des sels d'or monodispersés ont permis des mesures concordantes par les deux méthodes.

Dans le cas des six carbones amorphes choisis, cinq sont des noirs initialement pulvérulents; le noir 1 activé, provient seul d'un solide pulvérisé. Ainsi s'explique, de suite, que des six échantillons choisis, il soit le seul qui présente des morceaux monoblocs de plusieurs microns (*fig.* 2).

Pour un temps de pose comparable, les noirs 1 et 5 diffusent avec beaucoup plus d'intensité que les autres échantillons.

La caractéristique du noir activé correspond à des tailles très diverses de

(1) Séance du 17 novembre 1947.
(2) H. Brusset, *Thèse*, Paris, 1947.

particules ou de pores (car ces deux formes complémentaires produisent finalement une diffusion identique).

Enfin en comparant deux noirs naturellement divisés, tels le noir 1 et le noir 4, on peut calculer une taille moyenne des grandes particules par la

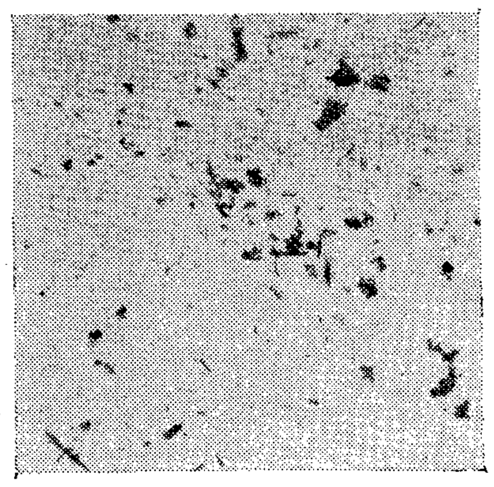


Fig. 1.

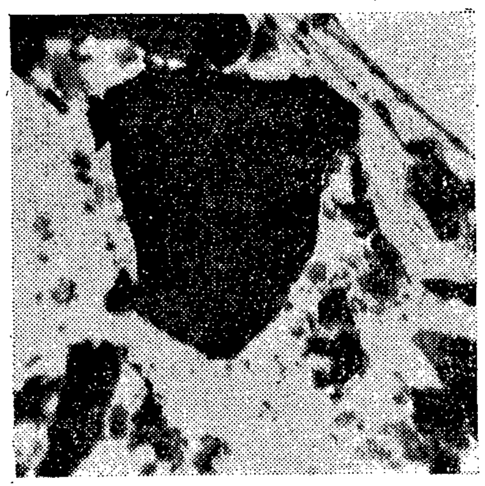


Fig. 2.

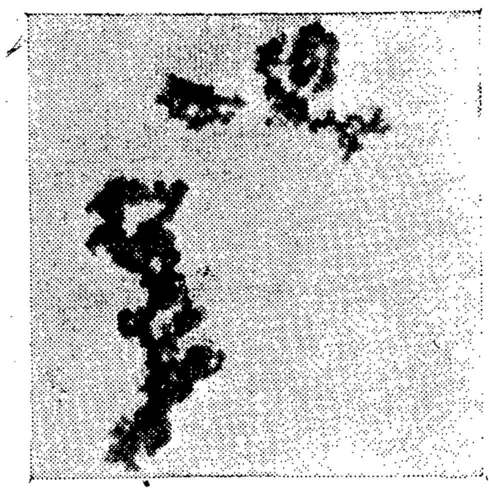


Fig. 3.

mesure de la pente de la caractéristique pour les plus petits angles. Caractérisant la taille moyenne par le rayon de giration R de la particule, on trouve : R = 55 Å pour le noir de naphtalène 4 et 39 Å pour le noir d'acétylène 1.

Or on constate bien (*fig.* 1) que le noir 1 est formé de particules particulièrement fines et que les noirs 4, 3 sont beaucoup plus gros, mais la taille des particules très mal séparées de ces noirs apparaît comme beaucoup plus grande. Avec le noir 3 (*fig.* 3), il apparaît des chapelets de petits ronds ayant, pour les plus petits, de 200 à 500 Å et beaucoup de ronds, apparemment d'un millier d'angströms. On constate donc que si le microscope a rarement permis de voir les structures à petite échelle révélées par la diffusion centrale, par contre, il renseigne sur l'organisation à l'échelle moyenne entre 100 Å et le domaine visible.

Il est à remarquer que les noirs qui montrent aux rayons X les particules les moins grandes sont aussi ceux qui apparaissent comme les plus finement divisés au microscope.

En résumé, bien que leurs domaines coïncident partiellement, la diffusion centrale et la microscopie électronique donnent des renseignements plus complémentaires qu'identiques dans le domaine des noirs de carbone.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Contribution à l'étude des moments polaires.* Note (1) de M. **Henri Lumbroso**, présentée par M. Paul Pascal.

L'objet du présent travail est la détermination des moments polaires de quelques composés organiques de la série isocyclique.

(1) Séance du 17 novembre 1947.

Le moment μ est déduit de la polarisation ([2]) de la solution diluée du corps à une température donnée, le solvant étant apolaire. Le pouvoir inducteur spécifique a été mesuré par la méthode de doubles battements hétérodynes sur ondes de radio ($\lambda = 500^{m}$). Le terme $P_E + P_A$ est mesuré par la réfraction moléculaire R_M pour la raie γ du Hg. On a aussi déterminé R_{M_D} par additivité.

Solvants. — On a utilisé deux solvants, définis par les constantes physiques suivantes :

I. *Dioxane.* F 12°, $n_\gamma^{24°}$ 1,4202, *d* 1,0195.
II. *Benzène.* É 80°,4, $n_\gamma^{18°}$ 1,5023.

t°.	ε.	P	$P_{E1} = R_M$.
20..........	2,276	26,81	26,41
25..........	2,273	26,88	26,41
30..........	2,262	26,89	26,41

Résultats. — f_2, fraction molaire du corps dissous; P_2, polarisation du corps dissous; P_{E2}, polarisation électronique (P_E) + polarisation atomique (P_A) du corps dissous.

(B), solution benzénique; (D), solution dioxanique.

Corps.	f_2.	t (°C.).	P_2.	P_{E2}.	μ en Debyes.
Acénaphtène (B)	0,0087	20	103,8	57,7	1,57
	0,0087	25	98,8	»	$1,5_0$
	0,0087	30	107,5	»	$1,6_0$
Anthracène (D)	0,0002	20-30	44,0	43,8	0
» (B)	0,0011	25	43,1	43,8	0
	»	27	41,8	»	0
	»	30	41,6	»	0
Pérylène (B)	0,002	25	(115,4)	78,9	(1,3)
	»	27	156,6	»	1,9
	»	30	175,3	»	2,1
Naphtacène (B)	0,0001	27	64,1	65,4	0
Naphtacènequinone-9.10 (B)	0,0003	25	185,0	72,8	2,3
Diceto-9.11 naphtacène (B)	0,0001	25	303,3	72,8	$3,3_3$
	»	27	310,0	»	$3,3_8$
Dichloro-9.11 naphtacène (B)	0,0007	20	238,3	98,0	2,5

Interprétation. — ${}^nK$ et ${}^pD$ désigneront respectivement la présence de *n* cycles à structure Kékulé et de *p* cycles à structure Dewar.

([2]) La polarisation totale P est, avec les notations classiques, la somme $P = P_E + P_A + P_P$, P_E étant la polarisation électronique, P_A la polarisation atomique, P_P la polarisation permanente.

I. *Acénaphtène* : $\mu = 1,6$ D. Moment de l'ordre de grandeur des dérivés substitués en 1-8 du naphtalène. En accord avec une structure ^{1}K indiquée par les mesures magnétiques ([3]).

II. *Anthracène* : $\mu = 0$ D. Molécule symétrique. On a déjà montré que les structures ^{3}K et ^{2}K^{1}D prédominent ([3]). Le diagramme moléculaire montre une parfaite symétrie de la répartition électronique ([4]) ([5]).

III. *Pérylène* : $\mu = 1,9$ à 2 D. La formule symétrique est donc à écarter. Les mesures magnétiques sont en faveur de formes ^{3}K^{1}D et ^{2}K^{2}D. De plus, le pérylène ne donne qu'une diène-condensation (Clar.). Nous admettrons que les déplacements d'électrons π créent en *moyenne* une accumulation anormale d'électrons en une région K de la molécule.

IV. *Naphtacène* : $\mu = 0$ D. Molécule symétrique et plane en accord avec le diagramme moléculaire ([5]) ([6]).

V. *Naphtacène*-9.10-*quinone* : $\mu = 2,3$ D, ce qui indique une symétrie électronique moindre que celle de la formule classique.

CHIMIE-PHYSIQUE. — *Influence de la température sur l'adsorption aux interfaces. Cas de l'huile de vaseline activée par l'acide stéarique.* Note ([1]) de MM. **Jean-Jacques Trillat** et **Jean Brigonnet**, présentée par M. Maurice de Broglie.

Lorsqu'on dépose à la surface de l'eau distillée une certaine quantité d'une huile de vaseline très pure à laquelle on a ajouté des proportions variables d'un acide gras ou de corps analogues (alcools, esters aliphatiques possédant un moment électrique permanent), on constate que la tension interfaciale varie avec la concentration et avec la durée de contact. Ces phénomènes ont été décrits et étudiés en détail par J.-J. Trillat et ses collaborateurs ([2]), qui en ont tiré de nombreuses applications tant pour la lubrification que pour l'étude de l'adsorption.

([3]) Pacault et Buu-Hoï, *J. Phys. et le Radium*, 6, févr. 1945, pp. 33-39.
([4]) R. Daudel et A. Pullman, *J. de Chimie Physique*, 1946, article général.
([5]) A. et B. Pullman, *Experentia*, 2, 1946, p. 364.
([6]) A. et B. Pullman, *Revue scientifique*, 1946, pp. 145-158.

([1]) Séance du 17 novembre 1947.
([2]) Jean-Jacques Trillat et Renée Vaille, *Journ. Chim. Phys.*, 33, 1936, p. 742; J.-J. Trillat, *Rev. gén. Sc.*, 4, 1937, p. 95; J.-J. Trillat, *The Adsorption of Oils in relation to lubrification* (*Inst. of Mech. Eng., General Discussion*, Gr. 6, 1937, p. 196; J.-J. Trillat et Marcel Aubry, *Comptes rendus*, 207, 1938, p. 427; J.-J. Trillat, *Nouvelles méthodes d'étude de l'adsorption et ses applications* (*Atti del X Congresso Intern. di Chimica*, Vol. 2, Rome, 1939, p. 552.)

Dans ce travail, nous avons cherché à étudier l'influence d'un nouveau facteur, la température, et nous avons utilisé une solution à 1/6000 d'acide stéarique dans l'huile de vaseline pure (préalablement vérifiée comme non polaire). Nous avons employé le tensiomètre interfacial de Lecomte du Nouÿ complété par le dispositif d'amplification et d'enregistrement décrit par J.-J. Trillat (*loc. cit.*), auquel nous avons adjoint un dispositif thermostatique permettant de régler à un demi-degré près la température du récipient contenant les deux liquides en contact (J.-J. Trillat et P. Nardin) (³). Dans nos expériences les enregistrements ont été effectués pour des températures comprises entre 20°C. et 65°C. Les courbes obtenues par cette méthode sont reproduites sur la figure 1. Leur allure générale s'interprète de la façon suivante : la brusque diminution initiale de tension interfaciale est due à la formation rapide d'une couche de transition constituée de molécules polaires d'acide stéarique orientées à l'interface, qui se complète peu à peu; de plus, une partie de ces molécules se désorbant ensuite en raison de l'agitation thermique, la pente de la courbe diminue; enfin il se produit entre les deux phénomènes antagonistes un équilibre, ce qui conduit à un palier horizontal, caractérisé par un abaissement relatif de tension interfacial Δ (*fig.* 1). L'interprétation mathématique de ces phénomènes a été donnée par R. Mérigoux et M. Aubry (⁴).

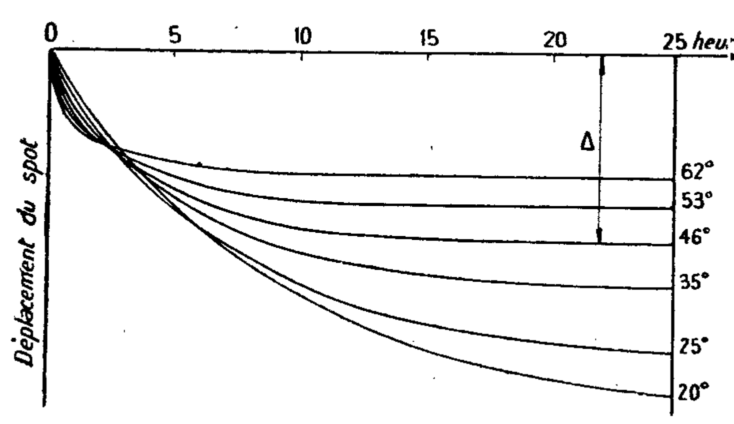


Fig. 1.

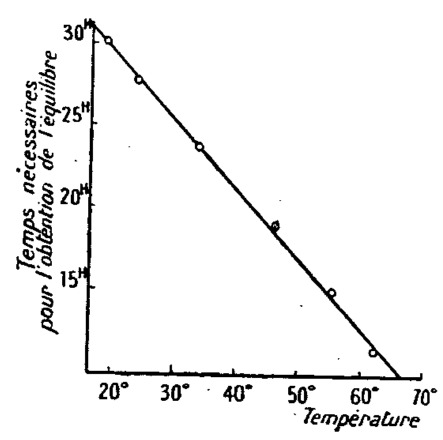


Fig. 2.

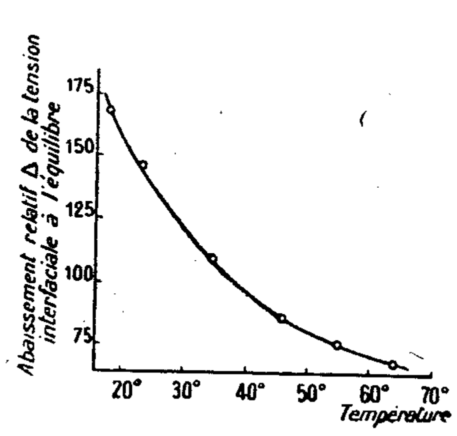


Fig. 3.

Plus la température est élevée, plus l'agitation thermique contrarie l'adsorption, ce qui déplace l'équilibre dans le sens d'une moindre concentration en acide stéarique dans la couche de transition. Ceci se traduit pour la courbe par un palier d'équilibre plus élevé (Δ plus petit) correspondant à une tension interfaciale plus forte; ce palier est atteint en des temps d'autant plus courts que la température est plus élevée, par suite de la diminution de la viscosité de l'huile et de l'augmentation du libre parcours des molécules d'acide gras.

(³) *Publications scientifiques et techniqnes du Ministère de l'Air*, n° 152, 1939; *Comptes rendus*, 207, 1938, p. 291.

(⁴) Roger Mérigoux et Marcel Aubry, *Journ. Chim. Phys.*, 36, 1939, p. 221.

Étude des paliers des courbes. — Nous avons étudié plus particulièrement l'influence de la température sur l'état de l'équilibre final. Pour cela on relève sur chaque courbe l'abscisse approximative et l'ordonnée du début du palier horizontal; la première de ces quantités représente le temps au bout duquel l'équilibre est atteint et la seconde fournit une valeur relative Δ de l'abaissement final de la tension interfaciale à la température considérée. La figure 2 représente le graphique obtenu en portant en abscisses les températures et en ordonnées les temps nécessaires à l'obtention du palier d'équilibre; on constate que ceux-ci décroissent d'une manière linéaire en fonction de la température. La figure 3 indique les variations de la valeur statique de l'abaissement relatif Δ de la tension interfaciale avec la température : la courbe a une allure exponentielle. Ce dernier résultat a été vérifié par des mesures *absolues* obtenues par arrachement de l'anneau disposé à l'interface et portant sur les tensions interfaciales Γ_0 (au moment où l'on verse l'huile activée sur l'eau) et Γ_s (correspondant au temps nécessaire à l'établissement de l'équilibre). Les différences $\Gamma_0 - \Gamma_s$ entre ces deux séries de mesures représentent en valeur absolue la même quantité que celle figurée en ordonnée sur la figure 3; la courbe obtenue est tout à fait comparable à la précédente, ce qui prouve la valeur pratique de la méthode d'enregistrement automatique qui a l'avantage d'être beaucoup plus rapide et de ne pas altérer la structure de l'interface.

Ces études seront continuées avec d'autres composés polaires ajoutés à l'huile; dès maintenant on peut espérer en déduire des résultats intéressants concernant le mode d'action des *dopes* d'onctuosité en fonction de la température, dans le cas du graissage.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Reprise élastique et relaxation des solutions macromoléculaires concentrées.* Note (¹) de M. **Yvon Conseiller**, transmise par M. Jacques Duclaux.

Sous l'effet d'une force extérieure de cisaillement constante, tout liquide subit une déformation que l'on peut caractériser par sa vitesse. Dans le cas des solutions macromoléculaires cette vitesse, comme je l'ai déjà montré (²), et contrairement à ce qu'on pourrait attendre, tend vers une limite par valeurs décroissantes, de sorte que tout se passe au début comme si ces solutions présentaient une viscosité très faible par rapport à celle que l'on mesure en régime permanent. Ces solutions, bien qu'étant de véritables liquides, se

(¹) Séance du 3 novembre 1947.

(²) *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 828, et 224, 1947, p. 1711.

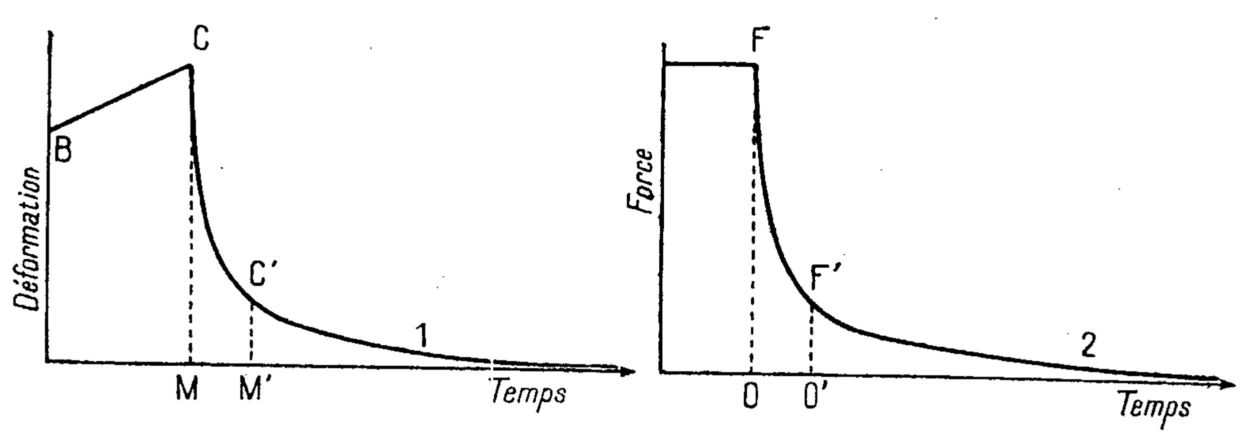
déforment donc comme des corps solides plastiques et, par analogie, on est obligé d'admettre que leur déformation est le résultat de la superposition de deux phénomènes; l'un, réversible, est de nature élastique, l'autre, irréversible, est un glissement ou écoulement visqueux proprement dit.

J'ai étudié l'évolution de la déformation lorsque la force appliquée est modifiée après que le régime permanent a été atteint.

Deux cas sont particulièrement intéressants :

1^er^ *Cas : La force est subitement annulée.* — Sur un très grand nombre de systèmes macromolécules-solvant (et sur tous les systèmes étudiés) j'ai constaté que la solution présentait le phénomène de reprise élastique.

La déformation, à partir du moment où la force est annulée, peut toujours être représentée par une courbe de la forme 1, qui montre que le phénomène n'est pas instantané (contrairement à ce qui a lieu dans le cas d'un gel par exemple), et peut être caractérisé par un *temps de reprise élastique*, qui est un temps de relaxation particulier.



BC, courbe d'écoulement en régime permanent préalable; CM, reprise élastique initiale; C′M′ = CM/e, reprise élastique à l'instant τ; OF, valeur de la force initialement appliquée; O′F′ = OF/e, valeur de la force à l'instant T.

Les courbes 1 ne peuvent jamais être représentées par une fonction exponentielle pure; la variation de la déformation est à la fin moins rapide que ne l'exigerait une exponentielle. Cependant, en première approximation, le temps de reprise élastique (τ) peut être défini comme celui au bout duquel la déforélastique (C′ M′) est tombée à la fraction $1/e$ de sa valeur initiale. La grandeur de ce temps n'a naturellement que la valeur d'une indication repère permettant un classement.

Le temps de reprise élastique varie avec la nature du système étudié, avec la concentration et avec l'âge de la solution. (Dans mes expériences il a varié de une seconde à un millier de secondes et plus.)

Il semble également être fonction, mais dans une moindre mesure, du gradient de vitesse caractéristique du régime permanent qui a précédé la reprise élastique, et de l'épaisseur de matière mise en œuvre.

2^e^ *Cas : Relaxation de la force à forme extérieure constante.*

Le régime permanent étant atteint, on peut toujours arrêter l'écoulement de la solution instantanément et en maintenir ensuite l'immobilité complète en diminuant la force appliquée selon une loi convenable : la courbe représentative de la force en fonction du temps a l'allure de la courbe 2.

Si, comme cela a lieu dans mes expériences, la vitesse d'écoulement en régime permanent est très faible, les forces d'inertie sont négligeables. Il en résulte que, à l'instant initial de la réduction de la force appliquée, celle-ci est très peu différente de la force élastique interne. Par la suite, elle lui est rigoureusement égale. Autrement dit, la courbe 2 représente très sensiblement la variation de la force élastique interne.

On peut ainsi définir et mesurer, avec les mêmes restrictions que plus haut et d'une manière analogue, un *temps de relaxation* (T) *de la force élastique interne à forme constante.*

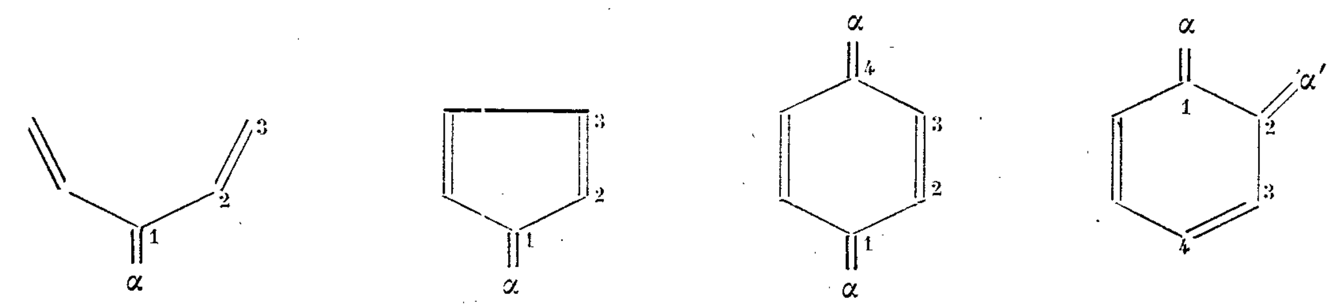
Ce temps est en général inférieur au temps de reprise élastique correspondant déterminé avec des conditions préalables identiques.

A titre d'exemple, pour une solution de nitrocellulose dans un mélange acétate d'amyle-xylène 60/40 contenant 15,5 % de nitrocellulose, le temps de reprise élastique était de 400 secondes, alors que celui de relaxation de la force était de 50 secondes (viscosité 28000 poises). Pour une solution de nitrocellulose dans du nitro-benzène vieille d'un an (viscosité 60000 poises), les deux temps étaient par contre du même ordre de grandeur (800 secondes).

En résumé : les solutions macromoléculaires concentrées, bien qu'étant de véritables liquides, n'en présentent pas moins le caractère élastique des solides plastiques. Comme ces derniers elles possèdent la reprise élastique. On peut également suivre directement la relaxation de leur force élastique interne en maintenant leur forme invariable. Corrélativement on peut définir et mesurer deux constantes de temps qui sont en général différentes. Ces faits sont en accord avec la théorie de Maxwell sur les milieux visqueux. Ils mettent en outre en lumière le caractère particulièrement accentué de déformabilité des macromolécules en solution qui permettra peut-être d'expliquer leur comportement particulier, et d'apporter des éléments nouveaux utiles à la compréhension des phénomènes de viscosité en général.

CHIMIE THÉORIQUE. — *Application de la méthode des diagrammes moléculaires de mésomérie à l'étude de certaines molécules organiques.* Note ([1]) de M. **Odilon Chalvet** et M[lles] **Liliane Henriet** et **Edith Lesein**.

Les molécules suivantes ont été étudiées à l'aide de la méthode des diagrammes de mésomérie ([2]) :



(I) (II) (III) (IV)

Les tableaux suivants résument les résultats obtenus :

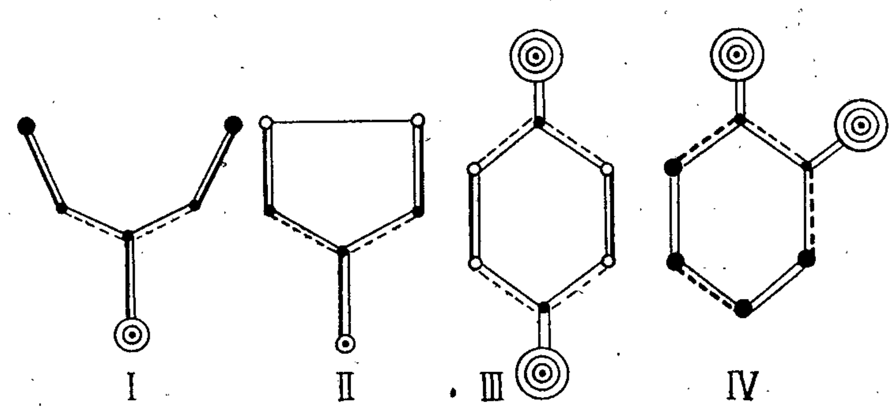
Sommets.	Indices de valence libre.	Liaisons.	Indices de liaison.	Caractères de liaison.	Longueur de la liaison.
		I. *Énergie de résonance,* 14,35 cal/mol.			
α.............	0,230	α—1	0,770	0,885	1,342
1.............	0	1—2	0,115	0,115	1,490
2.............	0	2—3	0,885	0,930	1,34
3.............	0,115	—	—	—	—
		II. *Énergie de résonance,* 13,0 cal/mol.			
α.............	0,180	α—1	0,820	0,910	1,34
1.............	0	1—2	0,090	0,090	1,50
2.............	0	2—3	0,920	0,930	1,34
3.............	0,09	—	—	—	—
		III. *Énergie de résonance,* 32,20 cal/mol. ([3]).			
α.............	0,340	α—1	0,659	0,829	1,344
1.............	0	1—2	0,170	0,191	1,467
2.............	0,085	2—3	0,744	0,786	1,348
		IV. *Énergie de résonance,* 42,70 cal/mol.			
α.............	0,476	α—1	0,520	0,758	1,350
1.............	0	1—2	0,119	0,119	1,488
3.............	0,119	2—3	0,357	0,386	1,417
4.............	0,119	3—4	0,520	0,580	1,374

([1]) Séance du 3 novembre 1947.

([2]) R. Daudel et A. Pullman, *Journal de Physique*, 7, 1946, pp. 59, 74, 105; P. Daudel, R. Daudel, R. Jacques et H. Jean, *La Revue scientifique*, 84, 1946, p. 489.

([3]) A propos de ce corps, *voir* M. Szwarc, *Trans. Faraday. Soc.*, 1947 (sous presse).

Les diagrammes moléculaires sont les suivants :



I II III IV

Si l'on adopte les notations ci-après :

Indices de liaison.

- - - - 0 à 0,25
----- 0,25 à 0,50
——— 0,50 à 0,75
━━━ 0,75 à 1

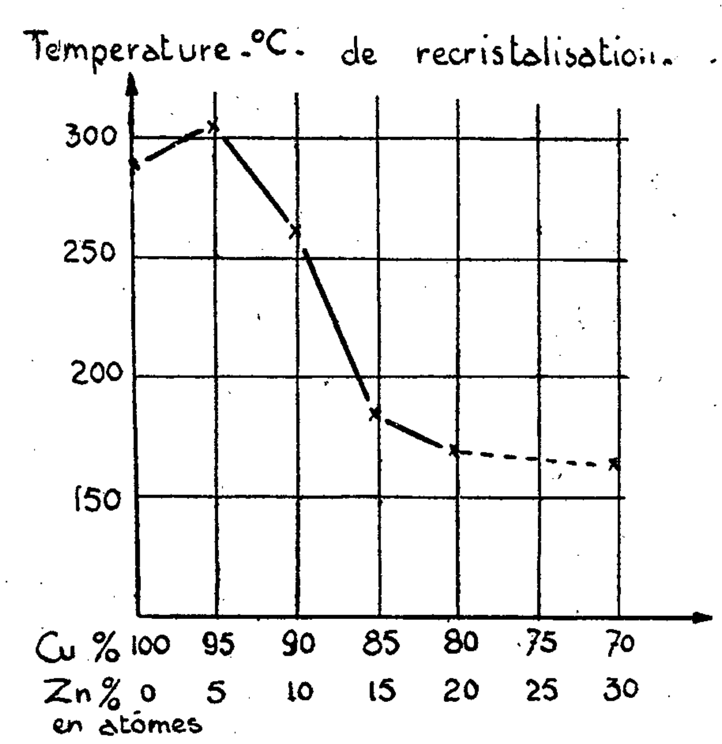
Indices de valeur libre.

● 0 à 0,05
○ 0,05 à 0,10
● 0,10 à 0,15
⊙ 0,15 à 0,20
◎ 0,20 à 0,25
◎ > 0,25

Le point le plus remarquable est l'existence des grands indices de valence libre des sommets α des corps (III) et (IV).

MÉTALLOGRAPHIE. — *Sur la détermination rapide de la température de recristallisation des alliages.* Note (¹) de MM. **Pierre Laurent** et **Michel Eudier**, présentée par M. Albert Portevin.

Soit un couple thermoélectrique formé par un fil recuit et un fil écroui de même métal placé dans un four possédant un certain gradient de température et maintenu à température constante dans le temps, supérieure à la température de recristallisation au point le plus chaud.



(¹) Séance du 17 novembre 1947.

La recristallisation étant d'autant plus rapide que la température est plus élevée, le front de la partie écrouie se déplacera le long du fil vers les températures décroissantes. D'autre part, la force électromotrice est en première approximation donnée par la transition métal recuit-métal écroui, de telle sorte qu'elle indique à chaque instant la température à laquelle se trouve la transition. La force électromotrice du couple diminue donc dans le temps et la courbe $e(t)$ correspondante présente une asymptote qui correspond à la température pour laquelle la recristallisation demande un temps infini.

Nous avons appliqué cette méthode aux alliages Cu-Zn contenant de zéro à 30 % de zinc écrouis de 50 % à la filière. L'expérience montre que, conformément aux conditions ci-dessus, quelle que soit la température du four, les courbes $e(t)$ sont les mêmes au bout d'un certain temps. La figure donne la température minimum de recristallisation de ces alliages. On retrouve en particulier le maximum signalé par Iweronowa et Schdanow pour 5 % de zinc ([2]).

CHIMIE ORGANIQUE. — *Hydroperoxydes de mésodiphénylanthracène.* Note ([1]) de M. **Christian Pinazzi**, présentée par M. Marcel Delépine.

Dans la transformation du photooxyanthracène en bromanthrone, sous l'action de l'acide bromhydrique, Ch. Dufraisse ([2]) propose un intermédiaire hypothétique pour lequel il envisage deux structures possibles. J'ai cherché à isoler le produit primaire supposé de l'action des hydracides sur le photooxyde et je me suis adressé, d'abord, au photooxydiphénylanthracène ([3]) avec l'espoir que les produits formés seraient plus stables.

Une solution sulfocarbonique concentrée de photooxydiphénylanthracène est soumise pendant 15 minutes environ à l'action d'un courant de gaz chlorhydrique exempt d'humidité. Il se forme des cristaux incolores, d'aspect nacré, 5 à 6 fois moins solubles que le photooxyde. Ils retiennent environ 1^{mol} de CS_2, qu'ils perdent sans altération notable, par chauffage à 60° sous vide. Le rendement atteint 70 % de la théorie. Le chlorhydrate $C_{26}H_{19}O_2Cl$ fond instantanément à F 189-192°, se décompose vivement et corrode le bloc. Le gaz bromhydrique agit de même sur le photooxyde; il donne, avec un rendement médiocre, un bromhydrate $C_{26}H_{19}O_2Br$ fondant instantanément vers 170°.

J'ai envisagé trois structures possibles : halohydrate-oxonium (I), hydroxy-hypohalite (II), halohydroperoxyde (III).

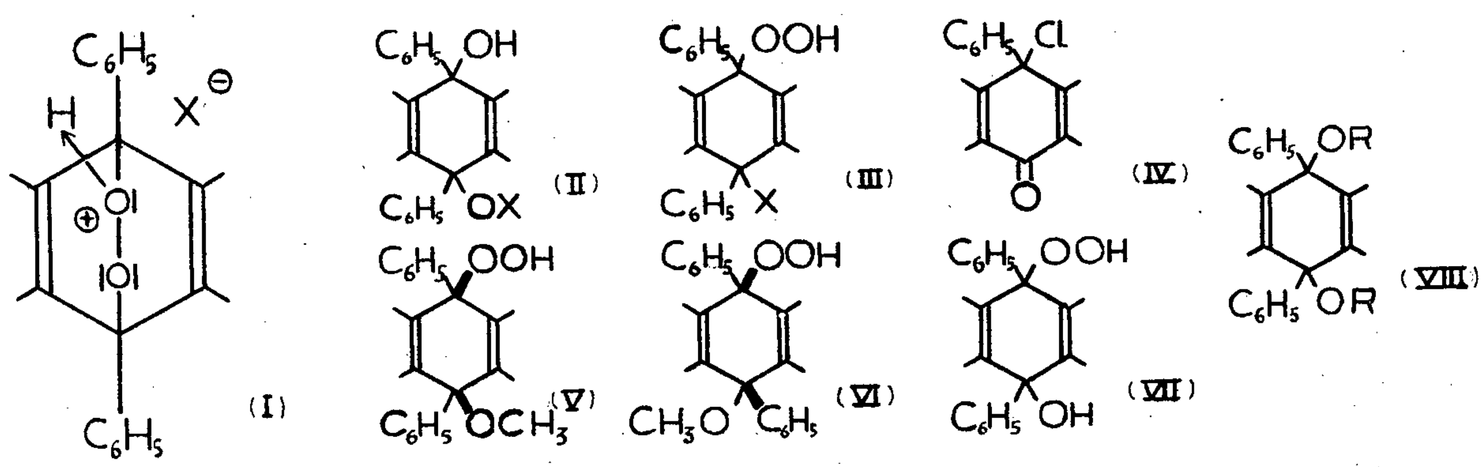
([2]) *Metallwirtsch.*, 15, 1936, p. 1086.

([1]) Séance du 17 novembre 1947.

([2]) Ch. Dufraisse et M. Gérard, *Bull. Soc. Chim.*, (5), 4, 1937, p. 2062.

([3]) Ch. Dufraisse et A. Etienne, *Comptes rendus*, 201, 1935, p. 280; Ch. Dufraisse et J. Le Bras, *Bull. Soc. Chim.*, (5), 4, 1937, p. 349.

Les propriétés de ces corps semblent désigner la structure (III) comme la plus probable : c'est celle que j'ai adoptée provisoirement comme hypothèse de travail. Ils libèrent l'iode à froid des solutions acétiques d'iodure de potassium alors que le photooxyde est presque sans action. La pyrolyse lente du chlorhydroperoxyde sous vide dégage de l'oxygène, du gaz chlorhydrique, respectivement 2/3 et 1/3 des quantités théoriques, et du chlore libre. Dans le résidu domine le diphénylanthracène, mais on y trouve aussi du phénol et un peu de phénylchloranthrone (IV). L'analogie avec le tritylhydroperoxyde ([4]), qui se décompose en benzophénone et phénol, laissait prévoir la formation d'une anthrone et de phénol. En réalité cette réaction est très fortement concurrencée par l'aptitude de la structure « mésodiphényldihydro » à se stabiliser en diphénylanthracène.



Les réactifs alcalins enlèvent ClH au chlorhydroperoxyde (III) et régénèrent le photooxyde avec des rendements élevés. L'atome terminal de la molécule d'oxygène fixée au carbone 9, étant porteur d'un doublet très réactif par suite du départ d'un proton, aura tendance à se lier au carbone 10, avec formation du pont oxydique, sans le secours d'une action photochimique.

J'ai cherché à obtenir les éthers correspondants aux formes (II) ou (III).

Après de nombreux essais conduisant à desdiéthers non peroxydiques (VIII), j'ai préparé deux peroxydes méthylés qui, d'après l'hypothèse adoptée, seraient les stéréoisomères (V) et (VI). Ils se forment à froid par action du méthanol en large excès en présence de la quantité théorique de pyridine : $C_{27}H_{22}O_3$, $F_{inst.}$ 164° et $F_{inst.}$ 249° avec décomposition et résinification.

L'eau transforme les halohydroperoxydes (III) en hydroxyhydroperoxyde (VII), $C_{26}H_{20}O_3$, $F_{inst.}$ 228° avec décomposition; il se forme aussi du diquinol F 262°. L'hydroxyhydroperoxyde (VII) est encore obtenu par action de l'eau sur une solution de photooxyde dans le dioxane avec SO_4H_2 comme catalyseur. Les alcools, en présence de ClH ou de SO_4H_2, donnent surtout les mésodiéthers (VIII) ([5]). L'atome d'oxygène en excès part, sans doute, sous

([4]) H. Wieland et J. Maier, *Ber. d. chem. Ges.*, **64**, 1931, p. 1205.

([5]) Chr. Pinazzi, *Comptes rendus*, **223**, 1946, p. 1150 ; **225**, 1947, p. 503.

forme d'eau oxygénée, mais les quantités en sont trop faibles pour être décelables dans les conditions des expériences décrites.

Les halohydroperoxydes (III) sont peu stables, ils se décomposent spontanément à froid. Le peroxyde bromé est, de beaucoup, le moins stable.

En ce qui concerne leur constitution, la forme oxonium (I) n'est pas à rejeter *a priori*. Elle explique bien le facile retour au photooxyde. Elle pourrait également rendre compte de la formation d'un éther monométhylique, à la condition d'admettre un réarrangement au cours de la réaction de l'alcool. Toutefois elle est peu probable parce que les sels d'oxonium ne sont généralement pas isolables en l'absence d'une structure stabilisante. La forme hypohalite (II) n'est pas inadmissible non plus. Elle correspond au mode de scission de la fonction peroxydique par l'hydrogène ([6]). Son adoption obligerait à changer les formules des éthers méthyliques. Cependant, vu les affinités respectives du chlore pour l'oxygène et le carbone, la formule (III) paraît plus vraisemblable; en tout cas, c'est celle qui expliquerait le mieux la formation de phénol et de phénylchloranthrone par pyrolyse.

GÉOLOGIE. — *Le détroit franco-germain.* Note de M. **René Abrard.**

A l'exception des coupes données par H. Joly en 1908, on ne trouve pratiquement dans la littérature paléogéographique, aucun renseignement sur le détroit franco-germain, soit que son rôle ait été méconnu, soit qu'il ait été délibérément négligé par suite des dificultés rencontrées dans la précision de ce rôle.

Le détroit franco-germain, zone dépressionnaire comprise entre les Vosges hercyniennes et le Hünsrück, se montre actuellement, après l'érosion consécutive à l'orogénèse alpine, occupé principalement par du Trias tabulaire au Sud et par le bassin de la Sarre.

Les Ardennes et très certainement aussi le massif schisteux rhénan étant émergés au moins depuis le début du Sinémurien (il faut admettre qu'il se peut que la communication d'entre Ardennes et Eifel avec le Nord, prolongeant l'actuel « golfe du Luxembourg », ait encore existé pendant le Rhétien), le détroit franco-germain s'est formé lors de la surrection post-hercynienne des Vosges. Pour beaucoup d'auteurs, celle-ci paraît pouvoir se situer vers le Bathonien.

Les lambeaux de Jurassique inférieur et moyen de Basse-Alsace conservés en bordure de l'effondrement rhénan, à une soixantaine de kilomètres des affleurements de Lorraine et à une distance un peu plus grande de ceux de la Souabe, dans la partie Sud-Ouest du détroit, constituent un trait-d'union qui permet d'utiles comparaisons.

([6]) Ch. Dufraisse et J. Houpillart, *Comptes rendus*, 205, 1937, p. 740.

La présence dans ces lambeaux des couches à Posidonomyes au Toarcien et des calcaires bleus du Bajocien inférieur, de la zone à *Witchellia læviuscula*, identiques d'après É. Haug (1) à ceux de Lorraine et du Würtemberg, montre notamment qu'aucune barrière n'avait encore individualisé le Bassin de Paris.

En admettant la limite Bajocien-Bathonien proposée par S. Gillet (2), on peut dire que jusqu'à un certain point une différence se dessine au Bathonien entre les faciès de Lorraine et ceux du détroit franco-germain, les premiers étant en moyenne plus calcaires que les derniers qui se rapprochent des formations marneuses de la Souabe. Si les Vosges étaient émergées ou à l'état de haut-fond à ce moment, il est probable qu'une crête immergée prolongeait leur bombement vers le Nord, mais les différences de faciès sont trop peu accusées pour que l'on puisse admettre que le détroit était fermé.

Le Callovien a été rencontré en Alsace dans un puits au Scharrachberg et à l'état de vestiges aux environs d'Obernai. Au premier point il est formé de marnes renfermant des Ammonites de la zone *Reineckeia anceps*. La zone inférieure n'a pas été signalée dans la région.

Cette zone inférieure à *Macrocephalites macrocephalus* est présente en Lorraine où elle comprend surtout des marnes et des calcaires marneux, ainsi que dans les Ardennes où elle est formée de minerai de fer oolithique (Poix). La même zone se retrouve sous un faciès très voisin dans la vallée et sur la rive droite du Rhin, en amont de Fribourg-en-Brisgau.

Si l'on se rappelle qne le Bathonien, tout à fait supérieur à *Clydoniceras discus* de la Souabe et du Brisgau qui a son équivalent en Lorraine, fait défaut en Basse-Alsace, on y constate une lacune qui semble porter sur le Bathonien terminal et le Callovien inférieur. Comme les régions jurassiques les plus proches, Lorraine et Souabe ne présentent pas dans le Callovo-Oxfordien les réductions et suppressions de couches que l'on observe vers le Massif Central, et que d'autre part la transgression du Callovien supérieur ne paraît pas avoir été assez brutale pour provoquer une lacune par ravinement aussi importante; on est conduit à admettre la vraisemblance d'une fermeture momentanée du détroit franco-germain.

Réouvert pendant le Callovien supérieur et d'après l'analogie des faciès entre la Lorraine et la Souabe, probablement pendant l'Oxfordien, le détroit paraît s'être fermé de nouveau et d'une manière définitive, dès le début du Lusitanien. Le développement de formations coralligènes se rapprochant des récifs frangents dans la région de Saint-Mihiel, à la hauteur du détroit, paraît indiquer une terre émergée à peu de distance vers l'Est, dès le Rauracien. La présence de Végétaux terrestres dans les calcaires subordonnés aux récifs coralliens confirme cette opinion.

---

(1) *B. S. G. F.*, 3e série, **14**, 1885, p. 58.
(2) *C. R. somm. S. G. F.*, 1925, pp. 172-174; *B. S. G. F.* 4e série, **28**, 1928, pp. 443-452.

Le Lusitanien de la Vallée du Rhin, dont on trouve des galets dans les conglomérats oligocènes d'Alsace, se serait déposé, ainsi que l'a rappelé L. Bertrand, dans un golfe ouvert au Sud. Une terre continue se serait alors étendue de l'Ardenne occidentale aux Vosges méridionales, le Bassin de Paris restant en relation avec la région jurassienne par le détroit Morvano-Vosgien.

GÉOLOGIE. — *Analyse stratigraphique de la série carbonifère dans le bassin houiller de Ronchamp* (Haute-Saône). Note (¹) de M. **Gilbert Mathieu**.

Le bassin houiller de Ronchamp (²) présente une série stratigraphique beaucoup plus complexe qu'on pourrait le supposer *a priori*. Sur la série schisteuse dévono-tournaisienne de Fresse, et Plancher-Bas, en couches à pendage 45° N.-E., à la limite du Houiller, s'appuie la succession stratigraphique suivante :

1° Terrain dit de transition avec poudingue vert de transition à la base ;

2° Faisceau de Mourière dans des grès talqueux avec poudingue talqueux au sommet ;

3° Faisceau de Ronchamp.

Il importe de fixer le plus exactement possible l'âge exact de chaque assise géologique, tant au point de vue science pure qu'au point de vue du raccordement avec les faisceaux reconnus par sondage à Froideterre, au nord de Lure, et au sud à Lomont, près du Massif dévonien renversé du Saulnot, sur le flanc sud redressé du Bassin houiller, masqué en grande partie par une cuvette permienne qui s'épaissit jusqu'à 700ᵐ de puissance.

Le faciès *culm* du substratum est typique au nord de Mourière, à Rhien, où des schistes ardoisiers alternent avec des roches éruptives basiques (microgabbros et diabases) et des *passées charbonneuses* inexploitables.

Le terrain dit de transition est connu, grâce à une longue bowette Sud du Puits Saint-Paul (aujourd'hui fermé) dans la concession de Mourière et à la bowette dite *Canada* du Puits Arthur-de-Buyer. Lithologiquement il est très voisin des grauwackes vertes du Bassin houiller de Saint-Laurs (Deux-Sèvres) d'âge namurien. Au Puits Saint-Paul il y a dans ce namurien des microdiorites et au Puits Arthur des petrosilex verts. Le terrain talqueux renferme la couche dite de Mourière (houille schisteuse et pyriteuse). Les exploitations étant aujourd'hui fermées, on ne peut savoir quelle est la flore fossile contenue sous le poudingue talqueux dans une assise concordante avec le faisceau de Ronchamp et discordante sur le Namurien. En ce qui concerne le faisceau de Ronchamp, j'ai ramassé des empreintes sur tous les terris des puits actuel-

(¹) Séance du 10 novembre 1947.

(²) Trautmann, *Le Bassin houiller de Ronchamp* (*Étude des Gîtes minéraux de la France*, Paris, 1885).

lement en activité et j'arrive à la liste suivante en complétant mes propres récoltes par la révision des espèces conservées au Musée Nicklès de Nancy.

Pteridophytes et *Pteridospermophytes : Pecopteris polymorpha,* Brongniart (abondant); *Pecopteris arborescens,* Schlotheim (rare); *Pecopteris cyathea,* Schlotheim (quelques beaux exemplaires); *Pecopteris* cf. *lamurensis* (très rare); *Pecopteris* cf. *Candollei,* Renault et Zeiller (rare); *Pecopteris abbreviata,* Brongniart (assez rare); *Pecopteris* (*Sphenopteris*) *Sterzerli,* Zeiller; *Alethopteris Grandini,* Brongniart; *Neuropteris cordata* var. *arverniensis,* Grand'Eury (assez abondant); *Odontopteris Reichi,* Gutbier; *Callipteridium pteridium,* Schlotheim (assez rare); *Linopteris neuropteroides,* Gutbier forme *minor,* Göppert, enfin *Pecopteris dentata,* Brongn, (très abondant).

Arthophytes : Calamites undulatus, Sternberg; *Calamites Suckowi* et *Cisti; Sphenophyllum oblonguifolium,* Germar; *Asterophyllites tenuifolia; Annularia stellata,* Schlotheim (très beau); *Annularia sphenophylloides,* Zenker (extrêmement abondant).

Lepidophytes : Lepidophloios laricinus, Sternberg; *Asolanus camptotoenia,* Wood; *Lepidodendron obovatum,* Sternb.

Coniferophytes : Cordaites lingulatus, Grand'Eury (très abondant); *Cordaïtes borassifolius,* Sternberg; *Cordaïtes principalis,* Sternberg; *Dicranophyllum gallicum,* Grand'Eury.

La faune fossile est représentée par un débris de poisson du genre *Amblypterus.*

De l'ensemble de cette flore, nous pouvons conclure à un mélange des espèces du Stéphanien inférieur (Assise de Rive-de-Gier) comme *Pecopteris arborescens, Pecopteris lamurensis* et du Stéphanien moyen comme *Pecopteris cyathea, Callipteridium pteridium,* dans un ensemble général du Stéphanien, *Cordaites lingulatus, Odontopteris Reichi, Annularia sphenophylloides.*

Nous avons donc la confirmation d'un niveau intermédiaire comme l'avait déjà écrit Grand'Eury ([3]). Dans ces conditions le faisceau de Mourière serait stéphanien tout à fait inférieur (Assise de Rive-de-Gier) et le faisceau productif de Ronchamp représenterait la base de l'assise de Saint-Étienne.

Je souligne la très curieuse analogie d'associations végétales à Ronchamp et à Brassac (faisceau de la Combelle) où j'ai recueilli également ([4]) *Neuropteris arverniensis* et *Linopteris neuropteroides* Gutbier, forme *minor.*

Au point de vue stratigraphique il y a une lacune totale du Westphalien dans le Carbonifère du sud des Vosges. Une phase tectonique se situe entre le Stéphanien et le Namurien : discordance du terrain dit talqueux sur le Culm de Rhien et le Namurien.

Tandis qu'au Puits du Chanois les empreintes sont nombreuses dans les toits de schistes, alors que les veines sont épaisses, au puits Arthur où commence la

---

([3]) *Flore carbonifère du Département de la Loire et du Centre de la France,* 2e partie (*Géologie,* Paris, 1877, pp. 553, 554.)

([4]) GILBERT MATHIEU, *Observations géologiques dans le Bassin houiller de Brassac* [*Ann. Soc. Géol. Nord,* 56, p. 232 (Pl. XII et XIII), Lille, 1931].

dispersion des veines en filets charbonneux au milieu d'un stérile d'une épaisseur croissante, on constate que les empreintes sont plus rares et très macérées. Nous sommes plus au centre du lac carbonifère; l'alluvionnement en débris végétaux est moins abondant, aussi la puissance des couches diminue vers l'Ouest et le Sud. La houille de Ronchamp est de formation allochtone, car il n'y a jamais de mur à *stigmaria*.

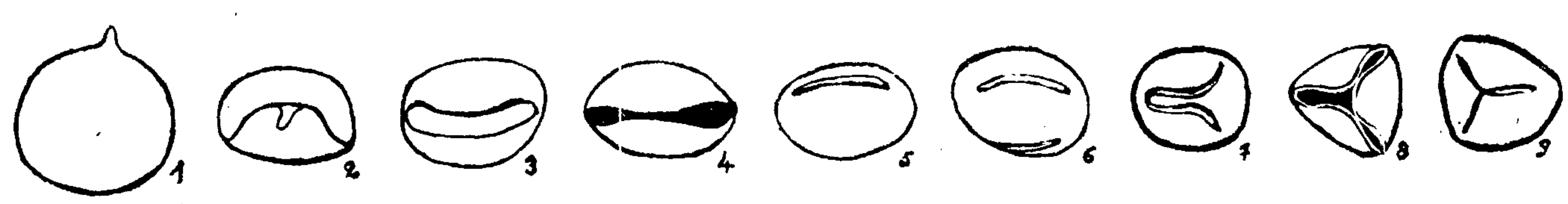
Il y a des minéralisations intéressantes, à savoir des nodules de siderose fendillés (clayats cloisonnés = septaria) avec des cristallisations de galène à l'Etançon (galerie Cholley) et des imprégnations de schiste et de houille par de la pyrite de fer sur le terris du puits Arthur-de-Buyer.

BOTANIQUE. — *Observations sur les grains de pollen fossiles*. Note de Mme **Madeleine van Campo-Duplan**, présentée par M. Louis Blaringhem.

De nombreux auteurs, étudiant les inflorescences de plantes anciennes conservées par la fossilisation, ont été amenés à figurer les grains de pollen rencontrés au cours de leurs investigations. Les dessins qui ont été publiés sont trop souvent insuffisants, en tout cas ils donnent rarement une image suggestive du grain de pollen qu'ils veulent représenter. Cet état de chose n'est pas imputable au chercheur qui dessine ce qu'il voit, mais bien plutôt aux grains de pollen eux-mêmes qui se présentent dans certains cas, lorsqu'ils ne sont pas turgescents, sous des aspects extrêmement variables.

Je voudrais attirer l'attention sur les formes diverses présentées dans une même préparation par les grains de pollen frais de *Cryptomeria japonica*. J'ai pris les grains de pollen de *Cryptomeria japonica*, mais des exemples analogues peuvent être trouvés chez les Taxodiacées, les Cupréssacées, les Céphalotaxacées, les Taxacées, chez les Pinacées des genres Larix et Pseudotsuga, c'est-à-dire, d'une façon générale, chez les Coniférales dont le pollen a une exine fine portant peu d'ornementations.

A l'état turgescent, le pollen de *Cryptomeria japonica* est sphérique et porte une très légère protubérance ainsi que l'indique la figure 1. Lorsqu'il est



dans l'atmosphère, sa partie distale, c'est-à-dire la partie du grain tournée vers l'extérieur dans la tétrade et qui porte en son centre le petit mamelon, s'invagine à l'intérieur du grain; cet aspect est représenté figure 2. Dans la même préparation, à côté de ces grains de pollen d'aspect normal, il existe des grains extrêmement plissés et d'aspects très divers dont la description détaillée n'offre pas d'intérêt; par contre, je crois devoir insister sur les aspects suivants présentés par les grains.

1° Les grains de pollen portent un pli (*fig.* 3, 4, 5); ils donnent alors l'illusion d'être monocolpés comme de nombreux grains de Monocotylédones. Le fait de porter un seul sillon est considéré, dans l'étude des pollens, comme un indice phylogénique important. L'aspect ainsi présenté peut donc mener à des erreurs ou au moins à des doutes sur la place de l'espèce étudiée dans la classification générale.

2° Ces grains de pollen peuvent porter deux plis donnant l'illusion de deux sillons (*fig.* 6 et 7).

3° Enfin, et c'est un cas très fréquent, les grains de pollen portent un système de trois plis égaux partant d'un même point et situés à 120° l'un de l'autre. Le dispositif indiqué par la figure 8 est considéré comme très primitif; en effet, certaines spores de fougères présentent trois fentes germinales dont l'aspect est tout à fait analogue. Lorsque les trois plis se présentent comme il est indiqué (*fig.* 9), ils peuvent être confondus avec une marque triradiée. Une marque analogue est portée par les grains de certaines Ptéridospermées, Cordaitales, Pinacées, etc.; elle indique les lignes de contact des grains dans la tétrade; la présence de cette marque sur les grains de pollen de certaines espèces les fait en général considérer comme primitives.

Si l'on se reporte aux figures reproduites dans de nombreux traités, en particulier dans *Pollen Grains* de R. P. Wodehouse (1935, 2e partie, pp. 228, 229, 231, 232), il est facile de constater que les dessins de grains de pollen de genres différents présentent des aspects qui ont été trouvés pour les grains de pollen d'une même espèce. Il est donc très probable que les grains représentés par les figures 71, 72, 74 n° 1 et 75 aient tous été plus ou moins sphériques à l'état turgescent.

Il résulte de cette courte mise au point que l'étude des formes d'un petit nombre de grains de pollen non turgescents peut conduire à des interprétations erronées lorsqu'il n'est pas possible d'étudier conjointement des grains de pollen turgescents; ce cas est presque toujours celui des grains de pollen fossiles. Une extrême prudence est donc nécessaire pour assigner aux grains de pollen fossiles de certaines familles une valeur phylogénique.

EMBRYOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Nouvelle preuve expérimentale du rôle inducteur du canal de Wolff sur la morphogenèse du mésonéphros des Amphibiens anoures.* Note (¹) de M. **Roger Cambar**, présentée par M. Maurice Caullery.

Nous avons déjà démontré que le canal de Wolff exerce un rôle inducteur capital sur la morphogenèse du mésonéphros, l'ablation unilatérale précoce de ce conduit provoquant l'absence de mésonéphros du côté opéré.

(¹) Séance du 17 novembre 1947.

Nous exposons les résultats d'une nouvelle expérience (isolement d'une courte portion du canal de Wolff, au niveau de la zone mésonéphrogène), destinée à confirmer l'existence de ce rôle inducteur.

Matériel et méthode. — Nous utilisons des larves de Grenouille agile (*Rana dalmatina* Bon.), déganguées au cours des 12 heures qui précèdent l'éclosion spontanée. L'opération n'est praticable que pendant cette période. Après incision de l'ectoderme, nous sectionnons le canal de Wolff à son point de jonction avec le cloaque (*fig.* I, *a*) et en

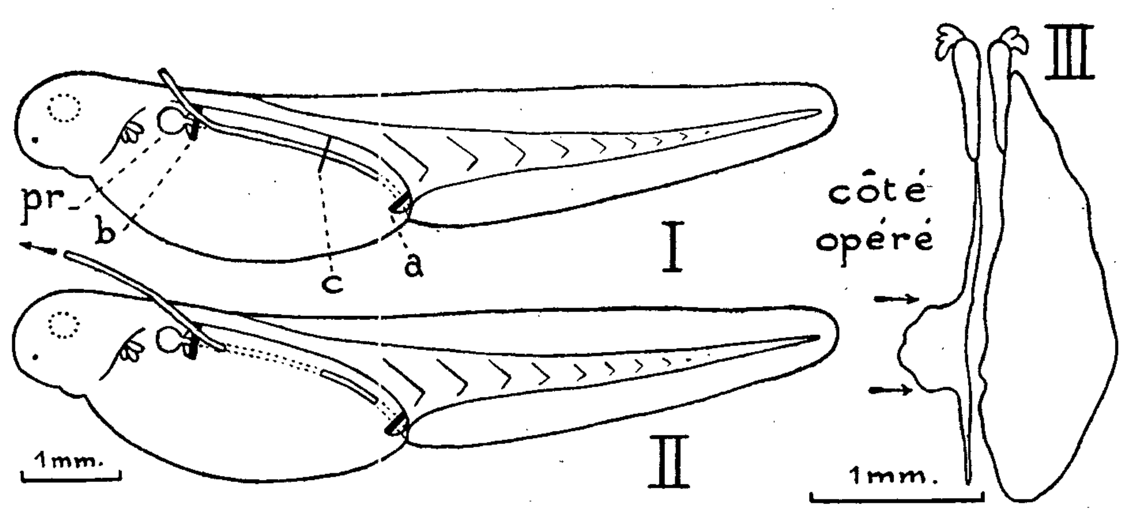


Fig. I et II. — Schéma de deux aspects successifs de la technique opératoire.
Fig. III. — Résultats 60 jours après l'opération.

arrière du pronéphros (*b*). A ce dernier niveau, on tire avec précaution, sans saccades, le bout postérieur du canal de Wolff, de façon à déplacer le conduit en totalité, par glissement en direction antérieure, d'environ $0^{mm},5$. On sectionne alors le canal (*c*) à environ $0,5\text{-}0^{mm},7$ de son extrémité postérieure. La portion terminale restant isolée à sa nouvelle place, on extirpe totalement le reste du conduit (*fig.* II). On enlève enfin le pronéphros (*fig.* I, *pr*).

La partie postérieure du canal de Wolff se trouve ainsi isolée, légèrement déplacée en direction antérieure, mais dans une position typique, conservant les rapports topographiques normaux du canal de Wolff avec la zone mésonéphrogène.

Résultats. — Dans toute la région au niveau de laquelle le canal de Wolff est absent, le mésonéphros reste à l'état de petits blastèmes indifférenciés. Les éléments mésonéphrogènes présomptifs ne présentent aucune ébauche d'organisation tubulaire et se dispersent lentement.

Dans la zone où la portion du canal de Wolff a été isolée, les blastèmes mésonéphrétiques subissent l'induction morphogénétique du canal. Des unités excrétrices d'aspect normal s'édifient. Elles ne peuvent pas atteindre les stades ultimes du développement normal (*fig.* III) parce qu'elles confluent dans un fragment de canal de Wolff, aveugle aux deux extrémités, dont la lumière est, de ce fait, relativement élargie par suite de la rétention de liquide excrété. L'incapacité de régénération du canal vers le cloaque, dans les circonstances expérimentales indiquées, condamne ces unités à une dégénérescence hydronéphrotique lente et progressive.

Discussion. — Ces résultats confirment, avec netteté, nos conclusions antérieures concernant l'action inductrice capitale exercée par le canal de Wolff

sur le mésonéphros. Cette action ne se manifeste que sur les blastèmes mésonéphrogènes exactement situés en regard du fragment isolé de canal de Wolff. Elle est nulle sur tous les autres blastèmes, quelle que soit leur position. Une portion de canal, même importante, ne suffit donc pas à induire la morphogenèse de tous les blastèmes mésonéphrogènes situés du même côté. Il est nécessaire qu'un fragment de canal de Wolff soit présent dans *tous* les somites où apparaissent des blastèmes mésonéphrogènes pour que *tous* ceux-ci subissent une croissance et une différenciation normales. Dans le cas d'ablation totale, d'un seul côté, du canal de Wolff (Cambar), l'absence de pouvoir morphogénétique du canal intact restant, sur le mésonéphros situé du côté opéré, montre bien que l'induction est strictement localisée unilatéralement.

De plus ces résultats mettent en évidence que l'induction morphogénétique n'est possible qu'à une très courte distance du canal lui-même, ainsi qu'en témoigne la brusque absence de croissance et d'organisation des blastèmes non situés à proximité immédiate du canal.

Toute portion du canal de Wolff située normalement dans la zone mésonéphrogène possède donc un rôle capital sur la morphogenèse de tout blastème de potentiel mésonéphrogène, à condition d'être au voisinage immédiat de ce dernier.

ZOOLOGIE. — *Le rein des Cynoglossidés.* Note ([1]) de M. **Paul Chabanaud**, présentée par M. Maurice Caullery.

Entre autres caractères, la famille des *Cynoglossidæ* se distingue des autres Soléiformes (*Achiridæ* et *Soleidæ*) par la sinistralité de la version somatique et par le fait que, chez tous ses représentants, la cavité péritonéale demeure limitée à la région abdominale du hachis. Seuls, les ovaires se logent dans la queue; la vessie urinaire est abdominale et non caudale, comme dans les deux autres familles.

La famille des *Cynoglossidæ* ne comprend que 3 genres : *Symphurus* Rafinesque 1810 (environ 38 espèces), *Cynoglossus* Hamilton 1822 (environ 70 espèces) et *Paraplagusia* Bleeker 1865 (4 espèces).

Sauf chez 1 ou 2 espèces, le hachis abdominal se compose de 9 vertèbres; les 3 vertèbres antérieures sont dépourvues de tout rudiment d'arc hémal; les 6 dernières comportent chacune un arc hémal complet. Les anomalies individuelles sont extrêmement rares.

Le rein des *Symphurus* est analogue, quant à sa forme et à sa situation, au rein des *Soleidæ*, tel que celui-ci a été décrit par Audigé, chez *Solea solea* (Linné) ([2]). Ce rein est situé tout entier entre le hachis abdominal et le

([1]) Séance du 17 novembre 1947.

([2]) *Arch. Zool. expér. génér.*, 5e série, 4, 1910, p. 397-407, eff., 38-43.

péritoine; il s'incurve contre la première hémacanthe caudale, de telle sorte que son extrémité postérieure, donnant naissance à l'uretère, s'oriente ventralement.

Dans les genres *Cynoglossus* et *Paraplagusia*, la forme générale du rein est analogue à celle du rein des *Symphurus*, mais cet organe s'insinue entre les arc hémaux abdominaux, ainsi qu'entre le dernier arc hémal abdominal et le

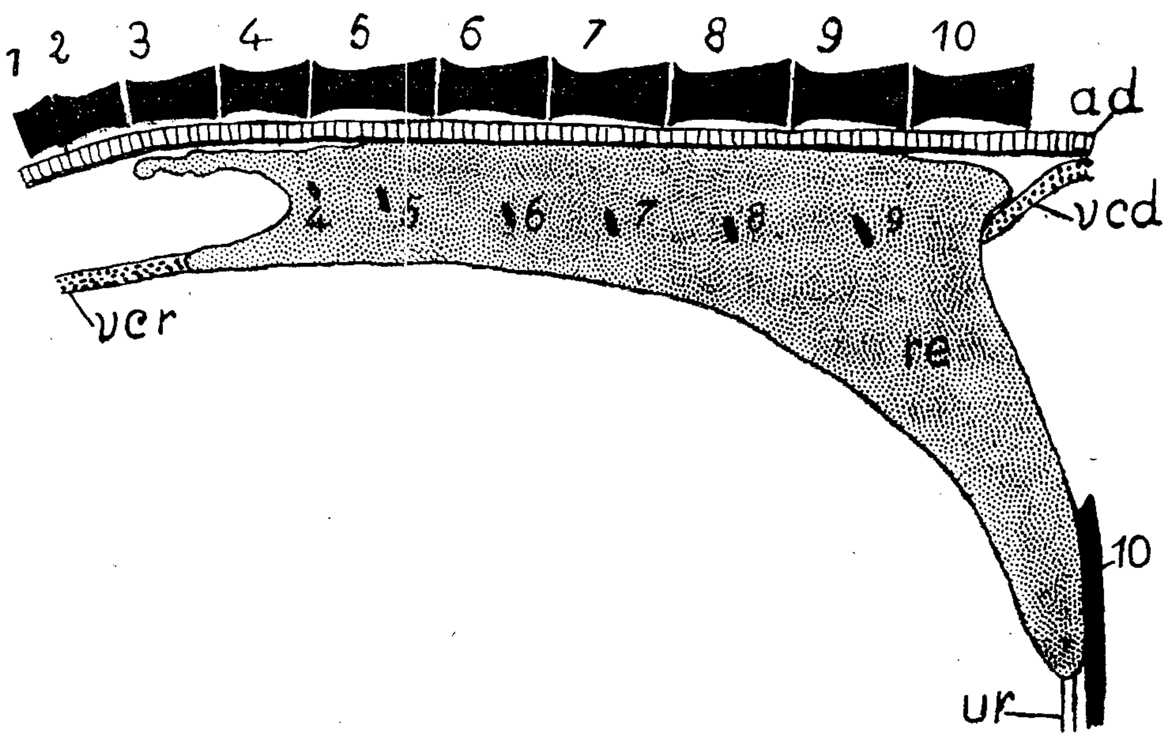


Schéma du rein, en vue latérale gauche. — Les vertèbres sont en noir plein. Les arcs hémaux ont été sectionnés, de telle sorte qu'il n'en subsiste que la partie contenue dans le rein lui-même, ainsi que la partie distale de la 1re hémacanthe caudale. *ad*, aorte dorsale; *re*, rein; *ur*, uretère; *vcd*, veine caudale; *vcr*, veine cardinale postérieure (droite). Les vertèbres et leurs éléments sont numérotés de 1 à 10; la 10e vertèbre est la 1re caudale.

premier arc hémal caudal. Au surplus, ce rein pénètre à l'intérieur même du canal hémal abdominal, où il se trouve, sur toute sa longueur, en contact direct avec l'aorte dorsale. Sa partie postérieure dessine un lobe qui se loge dans le canal hémal du rhachis caudal, mais qui ne s'étend pas jusqu'à l'arc hémal de la 2e vertèbre caudale. La veine caudale se déverse dans le rein, immédiatement au-dessous de ce lobe. Seule existe la veine cardinale postérieure droite, pour amener le sang dans le sinus de Cuvier.

Le rein des *Cynoglossus* et des *Paraplagusia* est donc, en partie, ectorhachidien et, en partie, entorhachidien. La partie entorhachidienne de ce rein n'estpas divisée par les arcs hémaux, dont seule l'extrémité distale (c'est-à-dire ventrale) traverse l'organe. Il s'ensuit que le canal hémal abdominal des *Cynoglossus* et des *Paraplagusia* est, en réalité, un canal *hémonéphrotique* ([3]).

Chez la plupart des espèces de ces deux genres, la fermeture des arcs hémaux abdominaux est réalisée par la soudure de l'extrémité distale des deux demi-arcs; en pareil cas, le canal hémonéphrotique est très ample. Chez certains *Cynoglossus*, la fermeture des arcs hémaux abdominaux s'effectue par le moyen d'un

([3]) Αἷμα, sang; νεφρόσ, rein.

pont transversal, dont la situation et le développement sont susceptibles de réduire plus ou moins la capacité du canal.

Toutes les espèces qui appartiennent aux deux genres en question étant exotiques, je ne dispose pas présentement d'un matériel en état de me permettre d'approfondir davantage l'étude de leur appareil excréteur. Quoi qu'il en soit, la morphologie de ce rein pose, du point de vue morphogénétique, un problème inattendu, au sujet duquel toute hypothèse serait d'autant plus vaine que, si nous sommes assez bien renseignés sur la morphologie des premiers états des *Symphurus*, ceux des *Cynoglossus* et ceux des *Paraplagusia* nous sont encore totalement inconnus.

ANTHROPOLOGIE. — *Courbe de tolérance à l'ingestion du potassium chez des sujets de race noire.* Note (1) de Mme **Jeanne Leschi**, présentée par M. Léon Binet.

Nous avons mis en évidence (2) (3) entre les races mélanodermes et leucodermes une différence de répartition de certains éléments du plasma et du sang total : chlore, sodium, potassium et cuivre, différence pouvant s'intégrer dans le cadre de la fonction surrénalienne. Suivant cette hypothèse nous avons étudié, d'après la technique de Zwemer et Truszkowski (4) les courbes de tolérance à l'ingestion des sels de potassium,

Le potassium a été donné soit sous forme de chlorure, soit sous forme de citrate à la dose de 20mg par kilogramme de poids corporel, par voie buccale, le matin à jeun. Le sang des sujets, tous de sexe masculin, sains en apparence, âgés de 25 à 45 ans, a été prélevé une première fois avant l'ingestion puis 20 ou 40 ou 60 ou 80 minutes après. Nous avons pu parfois faire sur un même sujet 4 et 5 prélèvements.

Nous avons calculé en fonction du temps le pourcentage de variation du potassium plasmatique à partir de sa valeur initiale (voir graphique).

Chez les sujets de race blanche les auteurs ont montré que l'ingestion de K à la dose donnée ne modifie pas le taux de la kaliémie. Compte tenu des faibles variations pouvant incomber à la technique de dosage (5), nous avons vérifié ce fait chez les colons séjournant à Dakar depuis plusieurs années. Un seul sujet de race méditerranéenne (2) a montré au bout de 20 minutes une élévation

(1) Séance du 17 novembre 1947.

(2) *Comptes rendus*, **222**, 1946, pp. 1049-1051.

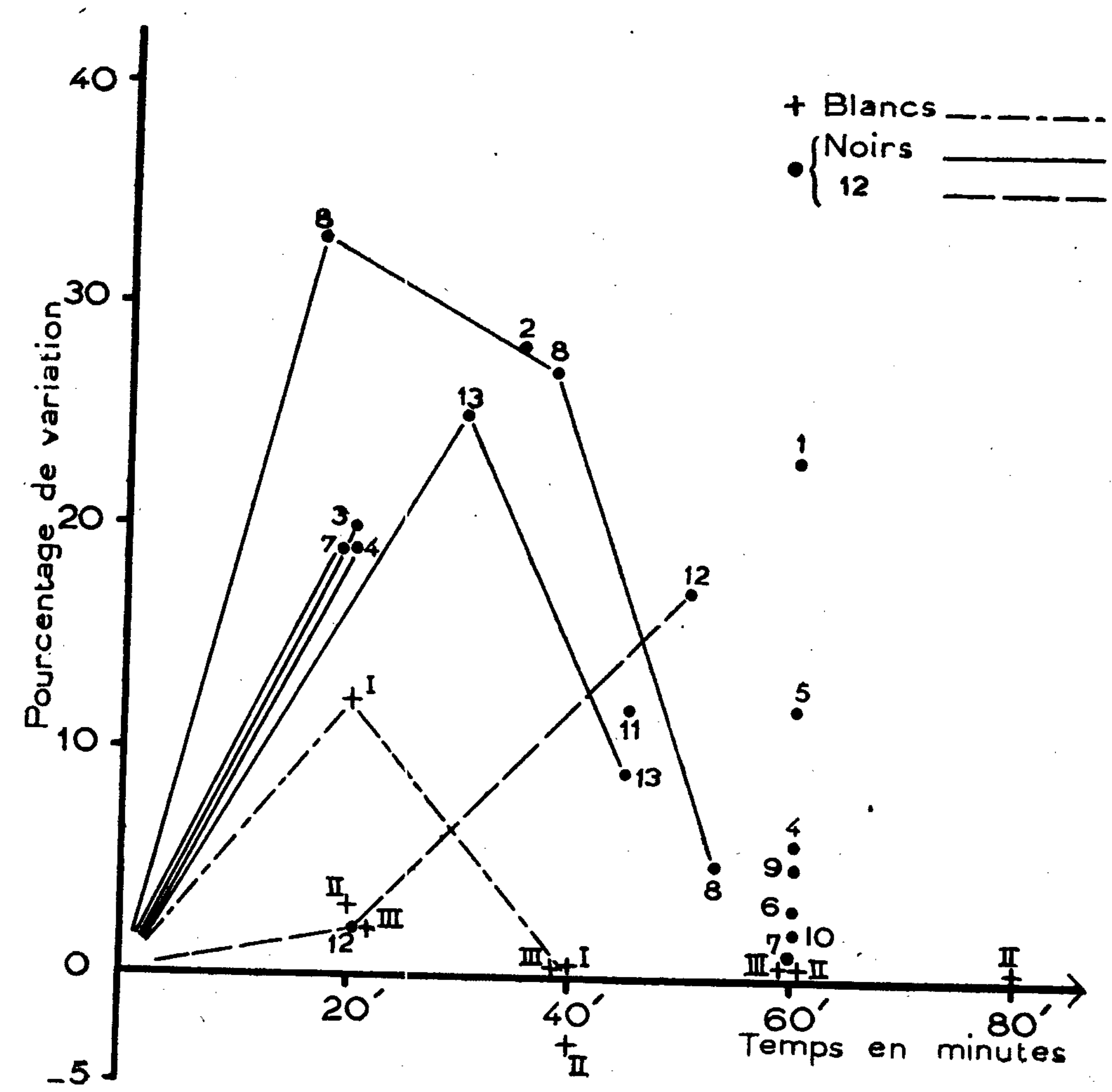
(3) *Comptes rendus*, **223**, 1946, pp. 1181-1183.

(4) *Proc. Soc. Exp. Biol et Méd.*, **35**, 1936, p. 424.

(5) Technique de Leulier, Veluz et Griffon.

de sa kaliémie de 12 %, avec retour à sa valeur initiale au bout de 40 minutes. Or cette valeur, très élevée, était de 0g,28 %. De plus un état nauséeux avec vomissements et troubles diarrhéiques a persisté toute la journée après la prise de sel. Ces symptômes peuvent faire penser à un hyposurrénalisme latent.

Par contre, 13 sujets de race noire (Ouolof, Sérère, Mossi, Bambara, Malinké, les résultats obtenus sur les groupes métissés comme les Peuls ne seront pas envisagés ici) ont montré une élévation rapide et assez durable du taux du potassium plasmatique; le retour à la normale s'est effectué en général une heure après l'ingestion. Certains ont présenté des vertiges et un état nauséeux persistant plusieurs heures. Chez d'autres aucun symptôme morbide n'a été signalé. Un Mina du Togo (12) a eu un taux de potassium plasmatique augmenté de 12 % au bout de 50 minutes, alors qu'au bout de 20 minutes ce taux était sensiblement le même qu'avant l'ingestion.



Ces courbes montrent qu'il doit exister des différences dans le métabolisme du potassium entre Blancs et Noirs. Ce métabolisme dépend de plusieurs facteurs dont le fonctionnement surrénalien paraît être jusqu'à présent le plus important.

Nous nous proposons de poursuivre ces épreuves sur des sujets préalablement soumis à un traitement cortico-surrénalien.

ENTOMOLOGIE. — *Sur l'existence en France d'une nouvelle sous-espèce de* Locusta migratoria *L.*. Note de M. **Georges Remaudière**, présentée par M. Émile Roubaud.

Depuis quelques années nous assistons, dans le Sud-Ouest de la France (Gironde, Landes), au développement d'une invasion endémique du Criquet migrateur, dont l'importance économique dépasse largement celle de toutes les pullulations d'Acridiens survenues antérieurement en Europe occidentale.

Dès 1945, il fut constaté ([1]), ([2]) que les Criquets landais ne pouvaient être rattachés à aucune des six sous-espèces de *Locusta migratoria* L. décrites à cette époque, mais il eût été prématuré de les définir en se basant sur les caractères d'individus provenant des captures accomplies au cours d'une seule année. En 1946, nous notions déjà, chez les insectes de la phase *gregaria*, des différences morphologiques sensibles par rapport à 1945 ([3]).

L'étude biométrique des matériaux accumulés au cours de trois années nous permet de considérer que les Criquets landais constituent une sous-espèce particulière du Criquet migrateur, pour laquelle nous proposons le nom de *Locusta migratoria gallica* subsp. nov.

Un couple de la phase *solitaria* (♂ capturé le 12 septembre 1947 à Brach, Gironde; ♀ capturée le 18 septembre 1947 à Claouey, Gironde) et un couple de la phase *gregaria* (♂ et ♀ récoltés le 19 juillet 1946 à Salaunes, Gironde) ont été déposés comme *types* au Muséum d'Histoire Naturelle de Paris. Les cotypes comprennent, d'une part 20 mâles et 20 femelles *solitaria* trouvés isolément en diverses localités de Gironde et des Landes, en 1945, 1946 et 1947, d'autre part 100 mâles et 100 femelles *gregaria* récoltés, avec le couple type, dans une bande très dense. Ces cotypes ont été répartis dans les collections du Muséum de Paris, du British Museum et de l'Institut Pasteur de Paris.

Dans le tableau qui suit, nous donnons les mensurations des *types*, puis les caractéristiques biométriques des 200 cotypes grégaires et de 76 mâles et 61 femelles solitaires capturés depuis 1945. Ces mensurations et indices somatométriques de solitaires sont tout à fait comparables à ceux de 13 mâles et 12 femelles récoltés en Gironde avant l'invasion actuelle (1920, 1922 et 1927) et conservés dans diverses collections locales et au Muséum de Paris.

Le dimorphisme sexuel, exprimé par (E ♂/E ♀) 100, passe de 126 pour les solitaires, à 111 pour les grégaires.

Ainsi définie, la nouvelle sous-espèce se distingue de *Locusta migratoria migratoria* L. par sa taille beaucoup plus faible ([4]). Elle diffère également

---

([1]) P. Vayssière, *Comptes rendus*, **221**, 1945, pp. 63-64.

([2]) A. Couturier, G. Remaudière, J. Arnoux, *C. R. Ac. Agr.*, **32**, 1946, pp. 226-232.

([3]) *Comptes rendus*, **224**, 1947, pp. 68-70.

([4]) J. d'Aguilar, L. Chopard, G. Remaudière, *Comptes rendus*, **224**, 1947, pp. 161-163.

	Phase.	E.	C.	$\frac{E}{F}$.	$\frac{P}{C}$.	$\frac{H}{C}$.	$\frac{M}{C}$.
Types	♀ solitaire........	45,8	7,5	1,70	1,33	1,25	865
	♂ solitaire........	35,2	6,15	1,59	1,39	1,30	845
	♀ grégaire........	43	7,4	1,97	99	1,04	755
	♂ grégaire........	39,8	6,75	1,90	1,05	1,04	74
61 ♀ solitaires	Moyenne.	45,4	7,6	1,72	1,315	1,27	86
	Limites..	40 à 50,9	6,8 à 8,8	1,61 à 1,87	1,23 à 1,50	1,19 à 1,35	82 à 94
76 ♂ solitaires	Moyenne.	36,1	5,9	1,715	1,34	1,27	855
	Limites..	31,7 à 41	5,2 à 6,9	1,59 à 1,84	1,26 à 1,44	1,19 à 1,35	82 à 94
100 ♀ grégaires	Moyenne.	43,5	7,5	1,95	1,07	1,065	79
	Limites..	38 à 51	6,9 à 8,2	1,79 à 2,11	95 à 1,22	1 à 1,14	72 à 84
100 ♂ grégaires	Moyenne.	39,1	6,8	1,905	1,07	1,06	76
	Limites..	30,1 à 46	6 à 7,3	1,70 à 2,10	1 à 1,21	1 à 1,15	69 à 83

de *L. m. rossica* Uv. et Zol. (sous-espèce de laquelle on serait tenté de la rapprocher en raison de son habitat assez comparable : parties découvertes de régions boisées, à sol sablonneux) par sa phase *gregaria* qui possède des caractères grégaires bien plus accentués. D'autre part, *L. m. rossica* n'accomplit pas de migrations de si grande amplitude. Notre sous-espèce s'écarte également de *L. m. migratorioides* R. et F. par sa taille nettement inférieure pour les deux phases et de *L. m. capito* Sauss. dont les caractères grégaires sont plus accentués (élytres très longs par rapport aux fémurs, pronotum concave et très étranglé). *L. m. gallica* se rapprocherait davantage de *L. m. manilensis* Meyen d'Extrême-Orient, tant par sa taille que par ses indices P/C et H/C. Elle en diffère cependant, dans sa phase *gregaria*, par son rapport E/F très rarement supérieur à 2, et par son pronotum sensiblement plus étranglé. Enfin, dans sa phase *solitaria*, *L. m. gallica* ne peut être rattachée à la *race* méditerranéenne occidentale ([5]), tout récemment désignée par Capra ([6]) sous le nom de *L. m. cinerascens* F. dont la taille est nettement supérieure et les indices H/C, P/C, M/C beaucoup plus élevés.

Les insectes à la phase solitaire de la nouvelle sous-espèce existent dans les parties ensoleillées de la zone forestière des Landes de Gascogne (clairières, bords des routes, des étangs et des mares, dunes côtières, jeunes pinneraies). Les Criquets de la phase *gregaria*, apparus dans ces mêmes régions en 1945, ont effectué, en 1946, comme en 1947, des migrations de près de 500^{km} et se sont dispersés jusque sur la côte Sud de l'Angleterre et le littoral français de la Méditerranée.

Enfin, *Locusta migratoria gallica* se caractérise également par l'existence d'une seule génération par an, tant pour la phase *gregaria* que pour la phase *solitaria*.

([5]) B. Z. Waloff, *Bull. Ent. Res.*, 31, 1940, pp. 211-246.

([6]) *Boll. della Soc. Ent. Ital.*, 76, n^{os} 3-4, 1946, pp. 30-31.

GÉNÉTIQUE. — *Sur les caractéristiques des types structuraux chez* Gryllus campestris, G. bimaculatus *et leurs hybrides réciproques* F_1. Note de M[lle] **Germaine Cousin**, présentée par M. Maurice Caullery.

Le croisement de *Gryllus campestris* (C) et *G. bimaculatus* (B) donne deux hybrides réciproques ♀C × ♂B et ♀B × ♂C; d'où quatre entités morphologiques mâles et femelles C, CB, BC, B, possédant un équilibre structural bien déterminé.

Onze valeurs fondamentales représentent en quelque sorte la charpente de l'Insecte. Deux se rapportent à la tête (*Th*, *Tt*); trois au pronotum (*Pa*, *Pp*, *Pl*); deux à la patte postérieure (*Fé*, *Ti*); trois aux organes du vol (*El*, *Et*, *Ai*); et une à l'organe de ponte (*Ta*). Les quatre principales constantes de ces caractères sont consignées dans le tableau ci-dessous, où M est la moyenne des grandeurs brutes du caractère rapportée à la moyenne d'un caractère référence composite $\Sigma 7x$, groupement linéaire de sept caractères proportionnel à la taille; α est le coefficient d'allométrie ou de *développement différentiel* et représente le rapport entre le coefficient de variabilité du caractère brut et celui du même coefficient de $\Sigma 7x$; vf est le coefficient de variabilité fluctuante de la grandeur relative du caractère autour du grand axe de la population. vf est calculé au moyen de la formule des moindres écarts que j'ai publiée antérieurement; R est le coefficient de covariation des différents caractères avec $\Sigma 7x$. Sont mentionnés, en outre, le nombre d'individus des groupes, les moyennes et les coefficients de variabilité des grandeurs de $\Sigma 7x$. On peut ainsi reconstituer toutes les caractéristiques des mesures initiales et les limites théoriques de leur variabilité et de leurs grandeurs relatives.

Dans ce tableau, les données numériques de M et α confirment les résultats obtenus en première approximation. Quelques différences, généralement peu importantes, s'expliquent par l'emploi de caractères référence différents.

L'analyse des quatre constantes amène aux conclusions suivantes : trois caractères, *Th*, *Tt*, *Pa*, sont plus grands chez C que chez B, d'où leur grande importance taxonomique. Leur transmission est partiellement liée au sexe, comme celle d'un quatrième caractère, *El*. Ces liaisons sont contrebalancées par l'association d'une dominance partielle venant de B; dominance qui s'exprime plus largement pour *Ai* et *Ta*. Les valeurs de α expriment la variabilité morphologique du groupe en fonction de la taille. Elles sont à la base du calcul de la variabilité fluctuante des rapports individuels et du calcul des limites de la variabilité du type structural normal. L'étude de *vf*, variabilité fluctuante de chaque caractère autour de ses moyennes théoriques mobiles, montre que la tête et le thorax varient peu; inversement, les organes du vol et de ponte (tarière) sont très variables. Envisagés dans leur ensemble, tous les caractères des divers groupes manifestent les degrés de variabilité suivants : les ♂ sont moins variables que les ♀ ; les hybrides moins que les parents (fait lié à la sélection des génotypes); l'espèce B, la plus vigoureuse, moins variable que C, et BC moins que CB. L'étude de R permet de déduire : 1° que les corrélations, très fortes pour les caractères de la partie antérieure du corps, décroissent selon

l'axe antéro-postérieur; 2° que, dans la patte postérieure, la partie proximale accuse une corrélation plus forte que la partie distale; 3° que, pour les organes du vol et de ponte (♀ C et CB exceptées), les valeurs des corrélations s'échelonnent également d'une manière décroissante. L'ordonnance de cette hiérarchie dans le degré des corrélations souligne le rôle des gradients morphogénétiques dans la construction du type structural de l'Insecte.

		Th (haut. face)/Σ7*x*.				*Tt* (larg. tête)/Σ7*x*.				*Pa* (larg. ant. pronot.)/Σ7*x*			
		M.	*α*.	*vf*.	R.	M.	*α*.	*vf*.	R.	M.	*α*.	*vf*.	R.
♂	C....	.133	1.34	2.05	.963	.138	1.34	1.93	.968	.128	1.39	2.34	.956
	CB...	.125	1.36	1.25	.990	.127	1.23	1.81	.979	.122	1.16	1.84	.978
	BC...	.113	1.35	1.81	.976	.116	1.24	1.47	.983	.117	1.28	1.88	.972
	B....	.102	1.24	1.99	.971	.107	1.23	1.72	.976	.110	1.22	1.92	.972
♀	C....	.122	1.23	1.88	.957	.128	1.15	1.81	.952	.126	1.35	2.61	.894
	CB...	.102	1.19	2.61	.949	.110	1.15	2.77	.940	.111	1.10	2.66	.943
	BC...	.103	1.20	2.02	.977	.110	1.15	1.83	.982	.114	1.14	1.87	.977
	B....	.091	1.12	2.90	.919	.099	1.06	2.03	.955	.104	1.19	2.27	.950

		Pp (larg. post. pronot.)/Σ7*x*.				*Pl* (long. pronot.)/Σ7*x*.				*Fé* (long. fémur)/Σ7*x*.			
♂	C....	.118	1.13	2.45	.941	.072	1.08	3.04	.904	.177	0.97	1.86	.963
	CB...	.115	0.98	1.67	.977	.072	1.04	2.45	.958	.181	0.92	1.28	.988
	BC...	.116	1.06	1.97	.964	.071	1.08	2.56	.938	.183	0.92	1.92	.960
	B....	.114	1.10	2.26	.960	.072	1.15	2.32	.955	.186	0.97	1.70	.974
♀	C....	.118	1.26	3.08	.882	.077	1.03	2.80	.877	.182	0.98	2.43	.912
	CB...	.117	0.98	2.43	.950	.077	1.10	2.39	.957	.186	0.98	2.01	.964
	BC...	.118	1.04	1.97	.977	.078	1.12	2.65	.955	.184	0.93	1.55	.984
	B....	.117	1.12	2.75	.927	.077	1.23	2.39	.945	.190	1.00	1.74	.964

		Ti (long. tibia)/Σ7*x*.				*El* (long. élytre)/Σ7*x*.				*Et* (larg. élytre)/Σ7*x*.			
♂	C....	.131	0.90	2.00	.946	.240	0.86	3.09	.884	.106	0.89	3.14	.912
	CB...	.140	0.95	1.57	.981	.244	0.95	1.76	.977	.101	0.85	3.08	.916
	BC...	.137	0.88	1.99	.958	.260	0.95	2.55	.950	.104	1.00	2.73	.922
	B....	.148	1.03	2.01	.965	.261	0.86	2.09	.952	.100	0.80	3.70	.888
♀	C....	.132	0.94	2.38	.903	.237	1.14	3.10	.865	.082	1.53	4.99	.800
	CB...	.143	1.12	2.39	.955	.257	1.06	2.95	.926	.085	1.00	4.00	.853
	BC...	.138	0.92	2.45	.953	.256	1.06	2.57	.955	.085	1.09	2.98	.935
	B....	.150	1.02	2.30	.936	.262	1.00	2.48	.928	.081	1.19	3.70	.866

		Ai (long. ailes)/Σ7*x*.				*Ta* (long. tarière)/Σ7*x*.				Σ7*x* : Caractère référence.		
										M. taille.	V. taille.	Nombre.
♂	C....	.190	1.37	4.71	.803	–	–	–	–	60.94	6.69	201
	CB...	.372	1.04	2.95	.937	–	–	–	–	66.10	8.18	147
	BC...	.406	1.08	2.55	.941	–	–	–	–	64.55	7.10	200
	B....	.415	0.99	3.05	.916	–	–	–	–	60.93	7.32	274
♀	C....	.198	1.41	5.28	.650	.217	1.45	4.07	.791	60.83	5.59	121
	CB...	.416	1.17	4.40	.841	.235	1.13	3.93	.874	63.13	7.48	131
	BC...	.413	1.15	3.28	.942	.234	1.19	3.28	.938	65.66	8.47	116
	B.. .	.439	0.96	2.73	.910	.238	1.20	3.88	.859	61.02	6.62	309

BIOPHYSIQUE. — *Sur l'intensité et la polarisation de la lumière diffusée par des suspensions colloïdales d'argent.* Note [1] de M^lle **Sylvanie Guinand** et M. **Jacques Tonnelat**.

Poursuivant notre travail sur la détermination de la forme et des dimensions des molécules de protéines en solution, par l'étude de la lumière diffusée [2], nous avons cherché à voir quelle était la taille maxima des particules auxquelles pouvait encore s'appliquer la théorie de Gans [3]. Celle-ci repose en effet sur l'hypothèse d'un champ électrique quasi statique à l'intérieur de la particule diffusante qu'on doit alors supposer petite devant la longueur d'onde. Dans ce cas la lumière diffusée est répartie symétriquement par rapport à la direction $\theta = 90°$ (θ étant l'angle que font le rayon incident et le rayon diffusé). Pour une particule ayant la forme d'un ellipsoïde de révolution, on peut déterminer l'excentricité en fonction de la dépolarisation ρ [4] de la lumière diffusée.

On déduit des calculs de Gans que pour une dilution infinie ρ_v est indépendant de θ, $\rho_h = 1/[\sin^2\theta + (1/\rho_v)\cos^2\theta]$, $\rho_u = [2\rho_v/(1+\rho_v)]\sin^2\theta + \cos^2\theta$; on a donc, pour $\theta = 90°$, $\rho_h = 1$ et $\rho_u = 2\rho_v(1+\rho_v)$.

Pour pouvoir étudier des particules ellipsoïdales de taille variable, nous avons utilisé des suspensions colloïdales d'argent préparées par la méthode de Wiegel [5] :

On réduit par l'eau oxygénée une solution dextrinée de nitrate d'argent. La dimension des particules est fonction du volume d'eau oxygénée ajoutée; on peut évaluer l'ordre de grandeur des particules d'après la couleur de la lumière diffusée.

D'après Wiegel [6], les particules sont en forme de paillettes régulières généralement hexaédriques; elles ont, selon les définitions de Gans, les mêmes axes électromagnétiques qu'un ellipsoïde de révolution.

Nous avons étudié des suspensions de particules dont les dimensions étaient comprises entre 10 et 50 mμ; toutes nos mesures étaient faites en utilisant comme lumière incidente la raie verte du mercure.

Pour les particules de 10 à 20 mμ, les courbes de dépolarisation (*fig.* 1) sont sensiblement symétriques par rapport à la direction $\theta = 90°$ pour laquelle $\rho_h = 1$ et $\rho_u \approx 2\rho_v$; ρ_h est maximum pour θ un peu inférieur à 90°.

Lorsque la dimension des particules croît, le maximum de ρ_h tend à se

---

(1) Séance du 3 novembre 1947.

(2) *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 1529.

(3) *Ann. der Phys.*, **62**, 1920, p. 330.

(4) Pour les notations, voir la Note précitée (2).

(5) *Koll. Z.*, **47**, 1929, p. 323; *Koll. Z.*, **53**, 1930, p. 96.

(6) *Koll. Z.*, **51**, 1930, p. 112.

déplacer vers les θ croissants, tandis que sa valeur diminue (ce qui d'ailleurs est conforme à la théorie de Mie pour les particules métalliques).

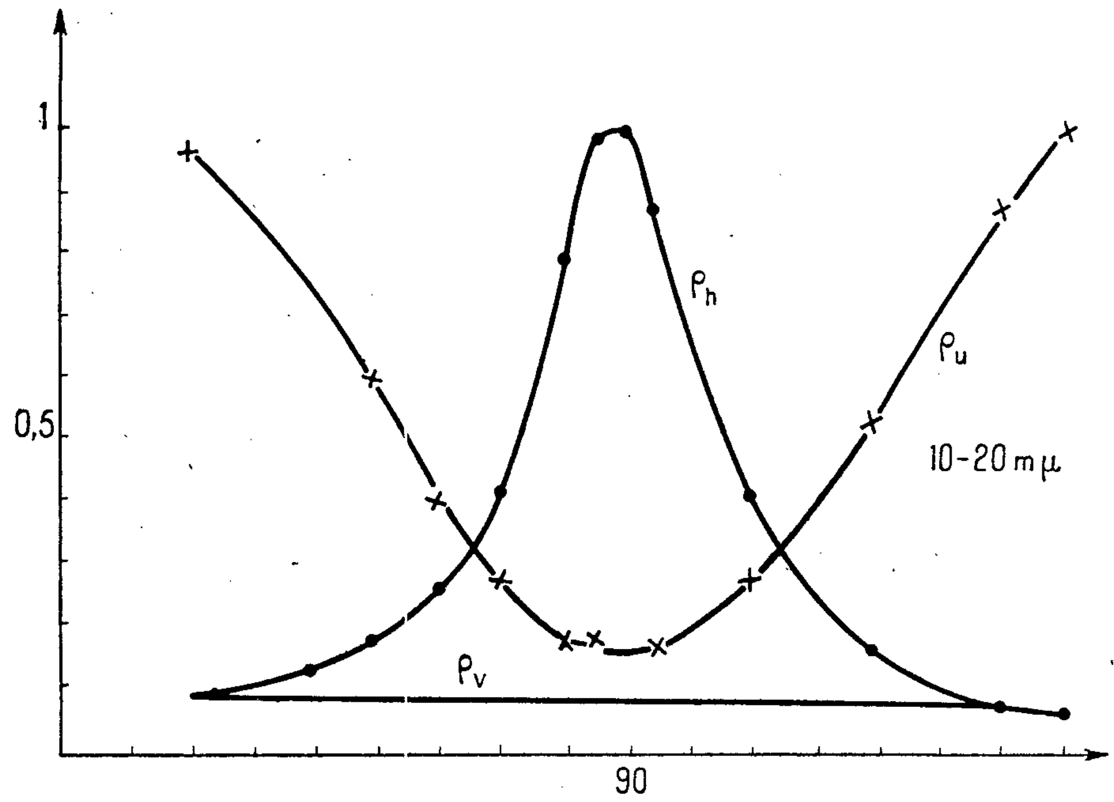


Fig. 1.

On constate, d'autre part, que les valeurs de ρ sont indépendantes de la concentration. Pour des dimensions comprises entre 10 et 20 mμ, on a le tableau suivant pour $\theta = 90°$, C étant la concentration de la solution obtenue par le procédé de Wiegel :

	C.	C/2.	C/4.		C.	C/2.	C/4.
ρ_v........	0,11	0,11	0,105	ρ_h........	0,23	0,22	0,21

Des valeurs de ρ_v on déduit que l'excentricité est 0,6 pour les particules de 10 à 20 mμ et 0,4 pour celles de 25 à 35 mμ.

Les mesures d'intensité pour des concentrations C donnent des courbes symétriques pour les particules de 10 à 20 mμ (*fig.* 2); pour les plus grosses, les courbes sont dissymétriques (*fig.* 3).

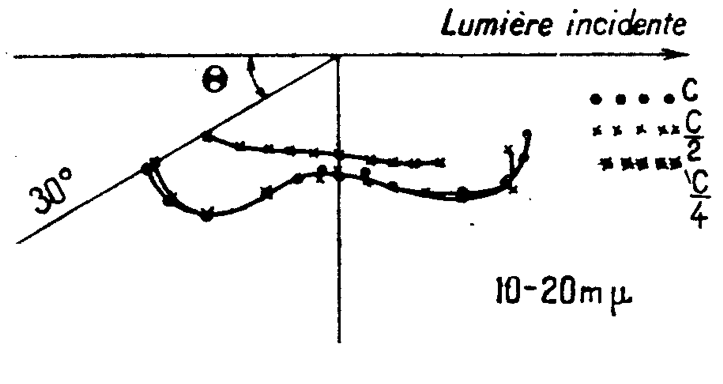


Fig. 2.

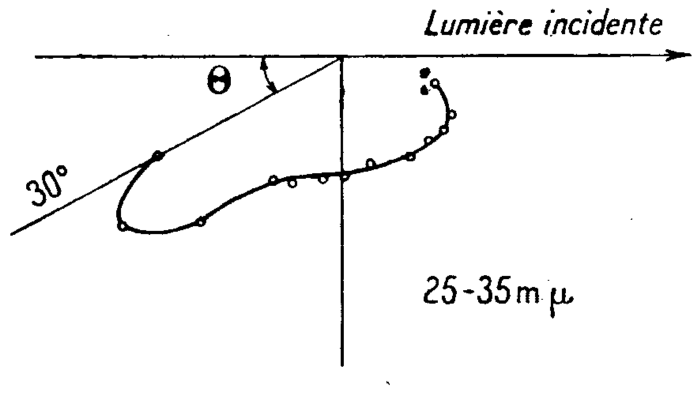


Fig. 3.

On observe d'autre part qu'à partir de certaines concentrations faibles, la courbe se déforme notablement. Ce phénomène n'est pas dû à une variation du

champ intermoléculaire puisque les valeurs de ρ sont constantes; il paraît être en relation avec le coefficient d'absorption de la solution.

En effet, en développant des calculs dus à Casperson ([7]), nous avons établi, entre l'intensité de la lumière diffusée, la concentration et l'angle d'observation, une relation qui rend compte d'une partie du phénomène; nous poursuivons cette étude.

Dans l'ensemble il apparaît que la théorie de Gans ne peut être appliquée de façon satisfaisante qu'à des particules dont les dimensions n'excèdent pas le 1/20 de la longueur d'onde.

OPTIQUE PHYSIOLOGIQUE. — *Nouvelles recherches sur la fluorescence du cristallin.* Note ([1]) de M. **Yves Le Grand**, présentée par M. Jean Becquerel.

Il y a une dizaine d'années, nous avons étudié par une méthode photographique la répartition spectrale de la lumière émise par le cristallin du mouton lorsqu'il devient fluorescent par irradiation ultraviolette ([2]). Étant donné, d'une part l'intérêt croissant que les spécialistes de la vision portent aux phénomènes de fluorescence oculaire, et d'autre part la difficulté de se procurer des cristallins humains sains et frais, il était utile d'étendre ces mesures à d'autres mammifères, afin de pouvoir appliquer plus sûrement à l'Homme les résultats obtenus.

Grâce à l'obligeance du Professeur Carlos Chagas Filho, qui a mis à notre disposition son installation de fluorescence à l'Institut de Biophysique de l'Université du Brésil, à Rio de Janeiro, nous avons pu déterminer sur des cristallins de Lapin et de Bœuf la répartition spectrale de l'énergie émise par fluorescence, en utilisant une méthode différente. Nous avons employé un spectrophotomètre visuel de König-Martens, dans lequel les faisceaux à comparer provenaient, l'un du cristallin étudié, l'autre d'une cuve contenant une solution acide de sulfate de quinine (10 mg/l d'acide sulfurique décinormal). Le cristallin et la cuve, placés chacun devant une des fentes d'entrée du spectrophotomètre, étaient irradiés simultanément par une même lampe à vapeur de mercure en quartz, dont la lumière visible était éliminée par un verre de Wood.

Malgré l'emploi de fentes larges, laissant passer une bande de 5 mμ environ vers 500 mμ, la faiblesse de la lumière émise par le cristallin nécessitait une adaptation prolongée de l'observateur à l'obscurité, et des mesures nombreuses, car la sensibilité différentielle de l'œil est médiocre à ces niveaux. On obtenait

([7]) *Koll. Z.*, 65, 1933, p. 162.

([1]) Séance du 10 novembre 1947.

([2]) *Sur la fluorescence du cristallin* (*Comptes rendus*, 207, 1938, p. 1128).

ainsi les répartitions énergétiques comparées de la fluorescence du cristallin et de celle du sulfate de quinine, pour diverses longueurs d'onde allant de 425 à 620 mμ.

Une seconde étape de la mesure se faisait en employant avec le même appareil pour comparer la fluorescence de la solution de sulfate de quinine, placée dans la même cuve et irradiée de la même façon, avec la lumière d'une source connue, à savoir l'étalon colorimétrique C défini en 1931 par la Commission internationale de l'Éclairage (lampe à incandescence avec filtres liquides.) L'intérêt de réaliser la mesure en deux temps est le suivant : pendant la première comparaison, difficile à cause du faible niveau lumineux, les irrégularités d'émission de la lampe à vapeur de mercure sont sans effet, ce qui permet de multiplier les mesures, et de les faire durer le temps nécessaire; la seconde comparaison est plus aisée, car le niveau est plus de dix fois supérieur au précédent, et l'on peut réaliser à la file les mesures relatives à toutes les longueurs d'onde en un temps assez court pour rendre négligeables les variations de la source d'ultraviolet.

Nous avons étudié par cette méthode quatre cristallins de Lapin, tout de suite après l'énucléation, et six cristallins de Bœuf, de moindre fraîcheur, mais encore en bon état. D'un œil à l'autre (même sur un même sujet), les variations peuvent atteindre 10 % en valeur relative sur la répartition spectrale, de part et d'autre de la moyenne, mais il ne semble pas se manifester d'écart systématique entre les deux espèces étudiées ici, ni entre celles-ci et le Mouton étudié autrefois par une technique différente; on peut le constater sur le tableau ci-dessous qui donne, en fonction de la longueur d'onde λ (en mμ), l'énergie rayonnée, en valeur relative, dans un intervalle constant de longueurs d'onde, cette énergie étant désignée par E pour la moyenne des yeux de Lapin et de Bœuf, et par E' pour ceux de Mouton. On a fait coïncider arbitrairement les valeurs relatives à 520 mμ, longueur d'onde pour laquelle les mesures actuelles sont le plus précises.

λ..........	425	440	460	480	500	520	540	560	580	600	620
E..........	95	85	62	39	23	**11,3**	8,3	5,3	3,9	2,2	1,8
E'.........	100	87	65	45	24,8	11,3	7,5	4,7	1,8		

Il ne se manifeste de désaccord que pour les grandes longueurs d'onde, mais la préférence doit alors aller à la méthode visuelle, plus précise dans cette région spectrale.

On peut en conclure que la lumière émise par fluorescence du cristallin, chez les mammifères étudiés par nous, semble d'une composition sensiblement constante, et que dans ces conditions il paraît raisonnable d'étendre à l'Homme les résultats obtenus.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *L'influence du jeûne sur la teneur en glucides des organismes*. Note (¹) de MM. **Théophile Cahn** et **Jacques Houget**, transmise par M. Robert Courrier.

Quand on passe en revue les valeurs des glucides hépatiques et musculaires obtenues par les différents auteurs après des jeûnes plus ou moins prolongés, on est très frappé de constater l'absence de relation entre la durée du jeûne et l'importance des réserves. Nous avons groupé dans le tableau suivant quelques résultats particulièrement frappants obtenus sur le Chien.

Durée du jeûne (en jours).	Réducteur (en mg pour 100g frais) hépatique.	musculaire.	Auteurs.	
5........	260	90	Fisher et Lackey,	1925
6........	800	470	Rathery et coll.,	1930
22........	380	320	Dann et Chambers,	1932
23........	1140	140	Rathery et coll.,	1930
28........	4780	158	Pflüger,	1905
43........	330	45	Junckersdorf,	1929

Ces exemples montrent soit un effondrement rapide des réserves glucidiques, soit leur maintien à des valeurs voisines de celles d'un animal nourri, et ceci quelle que soit la durée du jeûne. On a beaucoup plus insisté sur la fonte de ces réserves et l'on a même prétendu qu'au cours du jeûne, il s'établit une perte du pouvoir d'utilisation des hydrates de carbone qui serait à l'origine de la glucosurie après absorption de sucre par le jeûneur (Hungerdiabetés de Hofmeister). Il nous paraît difficile d'admettre qu'en règle générale il y ait un trouble profond du métabolisme glucidique au cours du jeûne, et nous croyons beaucoup plus volontiers que les taux variables de glucides trouvés chez les animaux manifestent la balance individuelle différente qui s'établit entre l'utilisation et une néoformation s'effectuant surtout à partir des réserves lipidiques. En d'autres termes, nous pensons qu'il y a d'un animal à l'autre de fortes différences dans l'intensité des interconversions. Pour justifier une telle conception, il nous paraît suffisant de montrer que tout animal jeûneur utilise les hydrates de carbone, car, s'il en est bien ainsi, les fortes réserves glucidiques ne pourront être attribuées à la persistance de dépôts restant inattaqués et on ne pourra les rapporter qu'à une néoformation intense.

Pour apporter cette preuve, nous avons soumis des chiens à un jeûne prolongé, puis nous les avons fait travailler sévèrement. Nous avons déterminé, avant et après les contractions, la composition du foie, du muscle et du sang. Nous donnons dans le tableau suivant deux cas extrêmes : le premier celui d'un animal à très faibles réserves glucidiques, le second au contraire celui d'un animal à très fortes réserves.

(¹) Séance du 17 novembre 1947.

	Muscles. Avant.	Muscles. Après.	Foie. Avant.	Foie. Après.	Sang. Avant.	Sang. Après.
Chien n° 1, jeûne de 25 jours : 26kg,500 → 18kg,800 ; perte de poids, 29 %.						
Réducteur.......	79,9	37,2	104	52,7	99	70
Acide lactique...	123	90,7	85,5	117	48	49
Chien n° 2, jeûne de 30 jours : 26kg,100 → 18kg ; perte de poids, 31 %.						
Réducteur.......	717	279	3670	3080	155	205
Acide lactique...	146	116	73,3	158	49	87

(Tous les résultats sont exprimés en milligrammes pour 100g frais).

On voit d'abord que les teneurs en acide lactique du muscle avant le travail sont comparables à celles de l'animal nourri non anesthésié (2). Ce fait apporte une forte présomption en faveur de l'utilisation normale des hydrates de carbone. On voit ensuite clairement qu'au cours du travail musculaire les deux animaux utilisent les hydrates de carbone et les modalités en sont les mêmes que chez l'animal nourri (2) : baisse des glucides hépatiques et musculaires, hyper ou hypoglycémie, diminution de l'acide lactique du muscle, augmentation de l'acide lactique dans le foie et dans le sang. Il est bien certain que chez le jeûneur comme chez le normal les glucides de réserve ne peuvent fournir qu'une faible partie de l'énergie nécessaire au travail, le reste provenant essentiellement des lipides.

En conséquence, nous croyons démontré qu'au cours du jeûne prolongé, les réserves de glucides d'un animal se maintiennent à des taux plus ou moins élevés, déterminés seulement par l'importance individuelle plus ou moins grande du processus de néoformation des glucides. Ceci est bien illustré par l'hyperglycémie que l'on note chez le second chien et qui s'exagère encore au cours du travail; la cause en est dans une néo-formation de glucides si intense qu'elle dépasse les possibilités d'utilisation et de mise en réserve. On rencontre d'ailleurs le même fait chez des animaux nourris. L'excédent des glucides mis en réserve au cours du jeûne est de peu d'importance vis-à-vis des lipides métabolisés, et est donc sans répercussion notable sur la valeur du quotient respiratoire.

HISTOCHIMIE. — *Le fer dans l'ovogénèse chez* Planorbis corneus *L.* Note de Mlle **Jacqueline Berthier**, présentée par M. Louis Fage.

La présence de fer libre dans la gonade des Gastéropodes pulmonés n'a pas encore été signalée. Seule existe une publication de E. Arendsen de Wolff-Exalto (1) sur le fer des œufs de *Limnæa stagnalis* L. depuis la ponte jusqu'à l'éclosion.

(2) Th. Cahn et J. Houget, *C. R. Soc. Biol.*, **113**, 1933, p. 1132; *Ann. de physiologie et de phys. chimie biol.*, **9**, 1933, p. 427.

(1) *Koninklijke Nederlandsche Akademie van Wetenschappen*, **50**, n° 3, 1947.

Nous avons mis en évidence la présence de grandes quantités de fer ionique dans les ovocytes et les cellules nourricières de la gonade de *Planorbis corneus* L. par la réaction du bleu de Prusse *in vivo*. La localisation précise, étudiée suivant la technique au bleu de Prusse ou au bleu de Turnbull (Lison), nous a donné les résultats suivants : dans les très jeunes ovocytes, il n'y a pas de fer libre. Cependant il apparaît assez précocement dans le cytoplasme sous forme de granules arrondis qui augmentent en nombre et en taille au cours de la croissance. Les œufs mûrs sont bourrés de granules ferriques (de 0,5 à $2^{\mu},5$), groupés souvent en chapelets ou en cercles. Du fer est présent aussi dans un des nucléoles, mais de façon diffuse et inconstante.

Le cytoplasme des cellules nourricières, contiguës aux ovocytes, contient de volumineuses sphérules de vitellus donnant la réaction du fer, et un peu de fer diffus. On observe de curieuses figures de résorption. A une phase d'accumulation du fer sous forme de sphérules de taille croissante, succède une phase de résorption par fonte et extrusion de globules.

Chez *Planorbis contortus* L., *Planorbis vortex* L. et *Limnæa stagnalis* L. ([2]), nous avons eu des résultats analogues. Au cours du développement, il y a disparition du fer libre qui n'est plus localisé que dans quelques cellules (cellules ciliées du plafond du pharynx, cellules de l'œsophage par exemple). Dans un travail ultérieur, nous examinerons les rapports de ce fer avec la formation de l'hémoglobine sanguine et tissulaire.

Nous avons cherché quels étaient les rapports des granules ferriques avec les autres éléments figurés du cytoplasme :

1° *Chondriome* (coloration de Volkonsky modifiée par M. Gabe) ([3]). — Il se présente dans les jeunes ovocytes sous forme d'un anneau périnucléaire de fines mitochondries qui se dispersent ensuite dans tout le cytoplasme. Elles se groupent souvent en chapelets (chondriomites). A un certain moment, apparaissent des granules prenant la fuchsine acide, mais se distinguant des mitochondries par leur taille supérieure. Nous les considérons, d'accord avec J. Hirschler ([4]) et C. P. Raven ([5]), comme des grains de sécrétion. Leur taille (0,5 à 2,5 μ environ), leur disposition en chapelets ou en cercles, leur date d'apparition, leur poids relatif (expériences de centrifugation, une coloration mixte fuchsine acide et bleu de Prusse) nous ont permis de les identifier aux granules ferriques.

2° *Éléments de Golgi* (méthode de Ramon y Cajal au nitrate d'urane et technique mixte imprégnation argentique et bleu de Prusse). — Au début de l'ovogénèse, le fer est parfois en rapport avec des corps golgiens en croissant.

([2]) Bretschneider, cité par Arendsen de Wolff-Exalto, a décelé aussi du fer dans la gonade de *Limnæa* (non encore publié).

([3]) *Bull. Hist. app.*, 24, n° 1, 1947.

([4]) *Arch. f. mikr. Anat.*, 91, 1918, p. 140.

([5]) *Arch. Néerl. Zool.*, 7, 1946, p. 353.

Par la suite il s'identifie souvent avec des corps totalement imprégnés. Dans les ovocytes mûrs, il y a pycnose de l'appareil de Golgi et des calottes golgiennes coiffent les grains de sécrétion. Bien que cette seule technique ne permette pas d'élucider l'origine du vitellus ferrique, il est certain qu'il existe une évolution morphologique et physiologique de l'appareil de Golgi jouant un rôle dans la vitellogénèse.

3° *Lipides.* — Le fer des cellules nourricières est lié lâchemeut à des graisses colorables au noir Soudan B, biréfringentes et présentant le phénomène de la croix noire. Il s'agit sans doute de lipides (réaction de Liebermann-Schultze et réaction à la digitonine négatives, réaction de Smith-Dietrich positive). Des graisses de même nature, sous forme de sphérules peu nombreuses, mais sans doute exemptes de fer, existent dans les ovocytes.

4° *Protéides.* — La réaction de Millon est positive dans les ovocytes. En particulier, les grains de sécrétion sont colorés en rouge. Le fer y est donc en relation avec du vitellus protéique.

5° *Ribonucléoprotéides.* — Technique de J. Brachet [6] : très abondants dans les jeunes ovocytes, leur quantité diminue progressivement au cours de l'ovogénèse. Ils sont localisés dans des granulations très fines, distinctes des mitochondries, se groupant autour des grains de vitellus, les coiffant souvent. Ils semblent jouer un rôle dans leur élaboration. Le nucléole est riche en ribonucléoprotéides et montre des signes d'activité vis-à-vis de ces substances.

Afin de compléter nos investigations, nous avons centrifugé la glande hermaphrodite (6 minutes à 3600 t/min.) et fixé aussitôt après. Dans les gros ovocytes, la stratification du protoplasme est la suivante : 1° une zone centripète, peu importante, de lipides, plus quelques granules de fer; 2° une zone de hyaloplasme à ribonucléoprotéides contenant le noyau; 3° une zone étroite de mitochondries, ceci d'accord avec les résultats obtenus par Raven chez *Limnæa*; 4° une zone centrifuge (50 %) importante, de grains de vitellus associés à un pigment jaune, colorables à la fuchsine acide et à l'hématoxyline, et où est localisé le fer ionique. Donc il existe deux sortes de composés ferriques : une quantité minime de fer est liée à des granules légers, la majeure partie du fer libre étant localisée dans des granules protéiques.

MICROBIOLOGIE. — *Recherches sur la rougeole. Essais de transmission au Chien* [1]. Note de MM. **Michel Bardach**, **Jean Cros-Decam** et **Pierre Goret**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

A treize reprises, au cours des huit dernières années, nous avons injecté à des chiens, par la voie sous-cutanée, du sang d'enfant atteint de rougeole. Le

(6) *Arch. Biol.*, 53, 1942, p. 207.

(1) Nous avions différé la publication de cette Note, rédigée en juillet 1938, car nous désirions compléter nos résultats par des expériences sur des Singes (Macaques). Des diffi-

sang était recueilli peu avant l'apparition de l'exanthème ou tout à son début. Chaque fois, 8 à 10 jours après l'injection, nous avons constaté une réaction inflammatoire légère des muqueuses oculaire, nasale et buccopharyngée. Ces symptômes s'accusaient pendant les 2 ou 3 jours suivants, puis s'atténuaient et disparaissaient vers le 15ᵉ jour.

Des passages en série furent effectués en partant du sang de 3 de ces animaux. Le sang était prélevé du 9ᵉ au 11ᵉ jour après l'inoculation et injecté, une fois défibriné, sous la peau de chiens neufs. Une première série fut interrompue au 4ᵉ passage par l'apparition de la maladie de Carré dans notre chenil. La 2ᵉ série, poursuivie du 19 février au 26 juillet 1936, comprend 15 passages. Dans la 3ᵉ série, commencée le 15 janvier 1936, nous étions arrivés en juillet 1938 au 56ᵉ passage.

Au cours de cette maladie expérimentale, l'état général n'est pas gravement atteint, mais un examen attentif et quotidien révèle un ensemble de symptômes plus ou moins accusés, sujets à des variations individuelles, mais constants. Vers le 8ᵉ ou 9ᵉ jour, la muqueuse conjonctivale devient rose vif, la caroncule lacrymale se ternit du fait de l'apparition de très fines granulations. Les cillements deviennent fréquents et l'on note du larmoiement. Parfois, les jours suivants, des croûtelles se forment dans les angles palpébraux. Les narines sont exagérément humides laissant écouler des sécrétions sérieuses. Le chien lèche sa truffe et l'ouverture des narines, il souffle fréquemment à la façon du cheval qui s'ébroue; quelquefois, il éternue. La coloration rose des muqueuses jugale et gingivale s'accentue. Les glandes propres de la muqueuse buccale deviennent turgescentes, formant de petites saillies rouges, à la face interne des joues. La gencive au niveau du collet dentaire présente un liséré rouge; elle peut même saigner légèrement sur ses bords. Le voile, puis la voûte du palais prennent une teinte rose vif ou rouge, et sur ce fond on constate presque toujours un énanthème. Parfois, une toux rauque complète ce tableau clinique.

L'atteinte de l'état général ne se manifeste que par de l'inappétence et une diminution de l'activité et de la vivacité. Nous n'avons jamais observé d'exanthème ni de variations notables de la température. Dans un certain nombre de cas, des complications surviennent : conjonctivite, rhinite, stomatite, bronchopneumonie.

Ces symptômes, provoqués par l'inoculation de sang virulent défibriné, ont été également produits par l'injection du liquide surnageant après centrifugation du sang défibriné, de même que par l'injection de globules rouges lavés ou de sérum frais. Le même sérum, formolé à 1 p. 2000 et chauffé à 56° pendant 30 minutes, s'est montré inactif.

La maladie observée ne peut être confondue avec la maladie de Carré ou

---

cultés d'ordre matériel d'une part, les circonstances inhérentes à la guerre et à l'occupation d'autre part, nous en ont empêchés. Nous nous proposons, dès que les conditions de travail le permettront, de reprendre et de développer ces recherches.

maladie des jeunes chiens, ainsi que nous le prouvent l'observation et diverses expériences dont le détail sera publié d'autre part.

L'infection expérimentale confère l'immunité. En effet, les animaux ne réagissent pas à une deuxième injection de sang virulent pratiquée de 18 jours à 6 mois après la première. Cependant, fait intéressant à noter, dans quelques cas, nous avons observé, dans les 24 à 48 heures suivant la réinjection, une légère rougeur du palais.

Le sérum de chiens immunisés possède un pouvoir protecteur ([2]). Celui-ci se manifeste, *in vivo*, lorsque le sérum est injecté sous la peau en même temps que le sang virulent de chien, soit séparément, soit mélangé à celui-ci. *In vitro*, les globules du sang virulent perdent leur pouvoir infectant après un contact de 15 heures à la glacière avec le sérum de chien immunisé. Ce sérum manifeste à l'égard du sang virulent humain la même action neutralisante; l'expérience n'a été réalisée qu'*in vivo*. Ces résultats sonts nets à la condition d'utiliser trois fois plus de sérum d'animal immunisé que de matériel infectant. Dans les mêmes expériences, le sérum de chiens neufs et le sérum de chiens hyperimmunisés contre la maladie de Carré ont été inopérants. Le sérum de convalescent humain, employé aux mêmes doses, a neutralisé *in vivo* le sang virulent humain. Enfin la neutralisation *in vivo* du virus chien de passage par le sérum de convalescent humain a été réalisée. Toutefois cette neutralisation ne peut être obtenue qu'en portant la quantité de sérum de convalescent humain à cinq fois le volume du matériel infectant, quantité nettement plus élevée que celle du sérum de chien immunisé. Ce fait est peut-être dû à une action moins efficace du sérum hétérologue ou à une modification du virus subie au cours des passages.

PHYSIOLOGIE PATHOLOGIQUE. — *Régimes carencés et troubles hématopoïétiques inapparents (leurs facteurs de révélation).* Note ([1]) de M. **Georges Mouriquand**, Mme **Violette Edel**, MM. **Kornel Chmelo** et **Juraj Zathurecky**, présentée par M. René Leriche.

Des exemples cliniques récents ont montré le rôle du déséquilibre alimentaire et plus particulièrement de la carence vitaminique dans le développement des troubles de l'hématopoïèse [altérations médullaires avec ou sans réactions hématologiques (G. Marchal)].

Cette question a depuis longtemps retenu l'attention de l'un de nous, en particulier au point de vue expérimental. Les avitaminoses nous ont paru un

---

([2]) Il est à noter que chacune de nos expériences de neutralisation a été effectuée sur des chiens d'une même portée, de façon à réduire au minimum les causes d'erreur pouvant provenir des variations individuelles de la sensibilité.

([1]) Séance du 17 novembre 1947.

terrain particulièrement favorable pour aborder et éclairer certains aspects, encore confus, du problème clinique.

Il a montré avec A. Leulier (²) que l'avitamine C entraînait chez le Cobaye une baisse graduelle et importante du fer sanguin; avec P. Bertoye (³) et Mlle L. Weill (⁴), il a établi que la chute des hématies était, en général, peu importante au stade aigu de cette avitaminose C, sauf si elle s'exerçait sur un terrain préalablement préparé, en particulier par l'anatoxine diphtérique. Dans ce cas s'observait une poussée érythroblastique (⁵) marquant l'insuffisance médullaire.

Mais cette poussée pouvait être également obtenue, ainsi que nous l'avons montré avec Mme V. Edel et M. Dauvergne, si, une carence subaiguë en vitamine C étant réalisée, la survie des animaux était prolongée jusque vers le soixantième jour (⁶) au lieu du trentième dans la carence aiguë.

Parallèlement nous avons poursuivi avec L. Revol et Mme V. Edel l'étude du myelogramme du Cobaye sain et carencé (⁷), ce dernier montrant la réaction erythroblastique de la moelle à la carence en vitamine C.

Plus récemment nos recherches sur le babeurre avec J. Rollet et Mme V. Edel (³) nous ont permis de réaliser chez le Rat un terrain pluricarencé facteur de manifestations d'avitaminoses A, B et C (⁸) dont nous avons pu étudier les réactions hématopoïétiques.

En ce qui concerne le *Cobaye* nous avons recherché de nouveaux facteurs de révélation capables de précipiter ou non, dans des conditions diététiques données, les troubles de l'hématopoïèse.

Pour atteindre ce but, nous avons pratiqué, aussi bien chez des sujets au chenil que chez ceux qui sont soumis au régime scorbutique, des saignées répétées. Chez les sujets au chenil ces saignées (jusqu'à 18$^{cm^3}$ en 4 saignées) n'ont provoqué aucune altération de la formule sanguine. Un léger fléchissement du nombre des hématies (sans anisocytose, sans anisochromie, sans érythroblastose, sans modification de la formule leucocytaire) a été rapidement réparé. Par contre, chez les cobayes au régime scorbutique, qui ne présentaient pas au vingtième jour de troubles sanguins, les saignées successives à partir du vingt-troisième jour ont déclenché une anisocytose et une anisochromie, augmentant à chaque

---

(²) G. Mouriquand et A. Leulier, *Journal de physiologie et de pathologie générale*, 25, 1947, pp. 308-318.

(³) *Thèse*, Lyon, 1920.

(⁴) *Thèse*, Lyon, 1930.

(⁵) G. Mouriquand, L. Weill, V. Edel et J. Ferri, *Archives de Médecine des enfants*.

(⁶) G. Mouriquand, V. Edel et M. Dauvergne, *Soc. Biol.*, 41, n° 6, 1938; 130, 1939, p. 1667.

(⁷) G. Mouriquand, L. Revol et V. Edel, *Société de Biologie de Lyon*, 8 novembre 1943; *C. R. Soc. Biol.*, 138, 1944, n° 78, pp. 250-252.

(⁸) G. Mouriquand, J. Rollet et V. Edel, *Presse médicale*, n° 18, 22 mars 1947, p. 210.

soustraction sanguine et aboutissant à l'apparition de poussées d'érythroblastes (jusqu'à 215 % des leucocytes).

La suspension des hémorragies s'accompagnait d'une diminution du nombre des érythroblastes, avec poussée nouvelle à la saignée suivante.

Ces troubles sont accentués chez les cobayes recevant de la dicoumarine, facteur d'abondantes hémorragies. Le scorbut chronique (1/2 mg d'acide ascorbique associé au régime scorbutique) n'entraîne pas par lui-même de modifications hématologiques. Mais la soustraction sanguine provoque dans ce cas une poussée d'anisocytose, d'anisochromie et une réaction érythroblastique appréciable.

Chez le Rat soumis à l'alimentation pluricarencée au babeurre, des phénomènes de même ordre ont été observés.

Les rats au chenil (régime équilibré) ont subi sans dommage des hémorragies successives : pas d'anisocytose, d'anisochromie, d'érythroblastose, de chute de l'hémoglobine, etc.

Au contraire, les rats au babeurre (carencés en vitamines A, B, C, etc.) à chaque émission sanguine ont fait une poussée d'anisocytose et d'anisochromie, puis ultérieurement d'érythroblastose, atteignant dans certains cas le chiffre 112, 161, 170 pour 100 leucocytes, avec forte chute de l'hémoglobine, faible tendance à la réparation sanguine ultérieure.

Même chez de vieux rats soumis depuis plus de 150 jours à ce régime carencé qui n'avait entraîné par lui-même aucune modification hématologique appréciable, les soustractions sanguines répétées ont déclenché l'anisocytose, l'anisochromie, l'érythroblastose.

En conclusion : ces recherches portant aussi bien sur l'avitaminose C du Cobaye que sur la pluricarence A, B, C des rats, montrent à quel point un déséquilibre alimentaire du type avitaminique simple ou complexe peut compromettre le fonctionnement normal de l'hématopoïèse dans le trouble inapparent peut être facilement mis au jour par divers *facteurs de révélation*, en particulier les hémorragies répétées.

Cliniquement, nous le savons, peuvent jouer d'autres facteurs (toxi-infection, etc.).

Il en résulte qu'un sujet soumis à une carence prolongée doit être traité, même en l'absence de troubles sanguins apparents, comme un hémopathique, en raison du trouble, à peu près constant (quoique souvent inapparent), de ses fonctions médullaires.

La séance est levée à 16h 15m.

L. B.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 1er DÉCEMBRE 1947.

PRÉSIDENCE DE M. LOUIS BLARINGHEM.

RENOUVELLEMENT ANNUEL
DU BUREAU ET DES COMMISSIONS ADMINISTRATIVES.

M. **Charles Jacob** est élu Vice-Président pour l'année 1948, par l'unanimité des suffrages exprimés.

MM. **Émile Borel** et **Gabriel Bertrand**, par l'unanimité des suffrages, sont réélus Membres des Commissions administratives.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** signale que la prochaine séance hebdomadaire aura lieu le mercredi 10 décembre au lieu du lundi 8, jour de la séance annuelle des prix de l'Académie des sciences morales et politiques.

M. **Philibert Guinier** fait hommage à l'Académie d'un Ouvrage intitulé *Technique forestière*, qu'il vient de publier en collaboration avec MM. Auguste Oudin et Léon Schaeffer.

MÉCANIQUE ANALYTIQUE. — *Sur les changements de variables canoniques.* Note de M. **Jean Chazy**.

Je veux ici compléter des propositions dont une partie sont éparses dans les œuvres de Poincaré et chez divers auteurs.

Soit un système d'équations canoniques, où la fonction génératrice F dépend des $2n$ variables $x_1, y_1; x_2, y_2, \ldots; x_n, y_n$ et de la variable indépendante t

$$(1)\qquad \frac{dx_i}{dt}=\frac{\partial F}{\partial y_i},\qquad \frac{dy_i}{dt}=-\frac{\partial F}{\partial x_i}\qquad (i=1, 2, \ldots, n).$$

$2n$ nouvelles variables, supposées fonctions des variables x, y seulement, non de t, et de même conjuguées deux à deux, soit $u_1, u_{n+1}; u_2, u_{n+2}; \ldots, u_n, u_{2n}$,

sont canoniques, si les équations différentielles transformées sont simplement, après expression dans F des variables x et y en fonction des variables u, les $2n$ équations

$$\frac{du_i}{dt} = \frac{\partial F}{\partial u_{n+i}}, \qquad \frac{du_{n+i}}{dt} = -\frac{\partial F}{\partial u_i} \qquad (i = 1, 2, \ldots, n).$$

1. Les variables $u_1, u_2, \ldots, u_{2n}$ étant conjuguées ou non, on a, par dérivation d'une fonction composée, et quand sont vérifiées les équations (1),

$$\frac{du_i}{dt} = \sum\left(\frac{\partial u_i}{\partial x}\frac{dx}{dt} + \frac{\partial u_i}{\partial y}\frac{dy}{dt}\right) = \sum\left(\frac{\partial u_i}{\partial x}\frac{\partial F}{\partial y} - \frac{\partial u_i}{\partial y}\frac{\partial F}{\partial x}\right),$$

où les Σ se rapportent aux n couples de variables conjuguées x, y. Par une seconde dérivation d'une fonction composée, on obtient

$$\frac{du_i}{dt} = \sum \frac{\partial u_i}{\partial x}\sum_k \frac{\partial F}{\partial u_k}\frac{\partial u_k}{\partial y} - \sum \frac{\partial u_i}{\partial y}\sum_k \frac{\partial F}{\partial u_k}\frac{\partial u_k}{\partial x} = \sum_k \frac{\partial F}{\partial u_k}\sum\left(\frac{\partial u_i}{\partial x}\frac{\partial u_k}{\partial y} - \frac{\partial u_i}{\partial y}\frac{\partial u_k}{\partial x}\right),$$

soit

$$(2) \quad \frac{du_i}{dt} = \sum_k P_{ik}\frac{\partial F}{\partial u_k} \qquad \text{avec} \quad P_{ik} = \frac{D(u_i, u_k)}{D(x_1, y_1)} + \frac{D(u_i, u_k)}{D(x_2, y_2)} + \ldots + \frac{D(u_i, u_k)}{D(x_n, y_n)},$$

sommes de déterminants fonctionnels appelées souvent parenthèses de Poisson.

D'où la proposition : *Pour que les variables u_i soient canoniques, il faut et il suffit que, dans le tableau des parenthèses de Poisson* P_{ik}, tableau symétrique gauche *a priori*, *tous les éléments soient nuls, sauf ceux des deux semi-diagonales parallèles à la diagonale principale, qui sont égaux à* 1 *d'un côté, soit au-dessus de cette diagonale, et à* —1 *au-dessous*. Nous dirons qu'*un tel tableau a la constitution canonique*, ce qui entraîne entre ses $4n^2$ éléments $(1/2)(4n^2 - 2n) = n(2n - 1)$ relations, que nous appellerons la *condition* I.

2. Nous pouvons obtenir les équations transformées (2), qui sont linéaires par rapport aux dérivées $\partial F/\partial u_k$, sous la forme résolue par rapport à ces dérivées. Nous avons de même, par une double dérivation d'une fonction composée,

$$\frac{\partial F}{\partial u_k} = \sum\left(\frac{\partial F}{\partial x}\frac{\partial x}{\partial u_k} + \frac{\partial F}{\partial y}\frac{\partial y}{\partial u_k}\right) = \sum\left(-\frac{dy}{dt}\frac{\partial x}{\partial u_k} + \frac{dx}{dt}\frac{\partial y}{\partial u_k}\right)$$

$$= \sum\left(\sum_i -\frac{\partial y}{\partial u_i}\frac{du_i}{dt}\right)\frac{\partial x}{\partial u_k} + \sum\left(\sum_i \frac{\partial x}{\partial u_i}\frac{du_i}{dt}\right)\frac{\partial y}{\partial x_k} = \sum_i \frac{du_i}{dt}\sum\left(\frac{\partial x}{\partial u_i}\frac{\partial y}{\partial u_k} - \frac{\partial y}{\partial u_i}\frac{\partial x}{\partial u_k}\right),$$

soit

$$(3) \quad \frac{\partial F}{\partial u_k} = \sum_i L_{ik}\frac{du_i}{dt}, \qquad \text{avec} \quad L_{ik} = \frac{D(x_1, y_1)}{D(u_i, u_k)} + \frac{D(x_2, y_2)}{D(u_i, u_k)} + \ldots + \frac{D(x_n, y_n)}{D(u_i, u_k)},$$

sommes de déterminants fonctionnels appelées souvent crochets de Lagrange.

D'où la seconde proposition : *Pour que les variables u_i soient canoniques, il faut et il suffit que le tableau des crochets de Lagrange* L_{ik}, tableau symétrique

gauche *a priori, ait la constitution canonique*, ce qui entraîne de même $n(2n-1)$ relations, que nous appelons la *condition* II.

3. Par élimination des dérivées $\partial F/\partial u_k$ entre les équations (2) et (3), on obtient

$$(4)\qquad \sum_k P_{ik}L_{ik}=1,\qquad \sum_k P_{ik}L_{hk}=0\qquad \text{pour}\quad h\neq i,$$

relations qui permettent d'exprimer les L_{ik} en fonction des P_{ik} supposés connus, et inversement. Les conditions I et II sont équivalentes *a posteriori* : les relations (4) mettent en évidence que, si le tableau des P_{ik} a la constitution canonique, il en est de même du tableau des L_{ik}, et réciproquement. Des relations (4) résulte encore immédiatement que les deux déterminants formés par les P_{ik} et par les L_{ik} ont pour produit l'unité.

D'ailleurs, par multiplication des deux déterminants ayant pour lignes successives les dérivées des variables $u_1, u_2, \ldots, u_{2n}$

$$\left\| \frac{\partial u}{\partial x_1}\,\frac{\partial u}{\partial y_1}\,\frac{\partial u}{\partial x_2}\,\frac{\partial u}{\partial y_2},\ \ldots,\ \frac{\partial u}{\partial x_n}\,\frac{\partial u}{\partial y_n}\right\|,\qquad \left\| \frac{\partial u}{\partial y_1}\left(-\frac{\partial u}{\partial x_1}\right)\frac{\partial u}{\partial y_2}\left(-\frac{\partial u}{\partial x_2}\right),\ \ldots,\ \frac{\partial u}{\partial y_n}\left(-\frac{\partial u}{\partial x_n}\right)\right\|,$$

égaux tous deux au déterminant fonctionnel des variables u par rapport aux variables x, y, on obtient le déterminant des P_{ik}, et la première des deux relations, en quelque sorte réciproques,

$$\| P_{ik}\|=\left[\frac{D(u_1, u_2, \ldots, u_{2n})}{D(x_1, y_1, x_2, y_2, \ldots, x_n, y_n)}\right]^2,\qquad \| L_{ik}\|=\left[\frac{D(x_1, y_1, x_2, y_2, \ldots, x_n, y_n)}{D(u_1, u_2, \ldots, u_{2n})}\right]^2.$$

4. Jacobi et Poincaré ont montré (¹) que, *pour que les variables deux à deux conjuguées u_i, u_{n+i} soient canoniques, il suffit que l'expression*

$$(5)\qquad \Sigma y\,dx-\Sigma u_{n+i}du_i,$$

où i varie de 1 à n, *soit une différentielle exacte* : condition que nous appellerons la *condition* III.

En effet, en fonction des variables u_i, et mise sous la forme $\Sigma A_i du_i$, où i varie de 1 à $2n$, l'expression (5) vérifie alors $C_{2n}^2=n(2n-1)$ conditions d'intégrabilité, soit pour $i, k=1, 2, \ldots, n$ et $i<k$

$$\frac{\partial A_i}{\partial x_k}-\frac{\partial A_k}{\partial x_i}=0,\qquad \text{et}\qquad \frac{\partial}{\partial u_k}\left(\sum y\frac{\partial x}{\partial u_i}-u_{n+i}\right)-\frac{\partial}{\partial u_i}\sum y\frac{\partial x}{\partial u_k}=0,$$

car, même si u_{n+k} est différent de zéro, la dérivée $(\partial u_{n+k})/\partial u_i$ est nulle puisque i est inférieur à $n+k$. Après réductions ces conditions deviennent

$$L_{i,n+i}=0,\qquad L_{ik}=0\qquad \text{pour}\quad k\neq n+i.$$

Donc, si la condition III est remplie, le tableau des crochets de Lagrange des variables u_i a la constitution canonique, et réciproquement : donc *cette condition*

(¹) *Gesammelte Werke*, 5, 1890, p. 371; *Leçons de Mécanique céleste*, 1, 1905, p. 3.

est équivalente à la condition II, et par suite *est aussi nécessaire et suffisante.* Mais la condition III est remarquablement maniable.

5. Poincaré a démontré (²) que *la condition* III *est suffisante, par une autre méthode, fondée sur la variation d'une intégrale, et l'on peut compléter cette méthode pour montrer aussi que la condition* III *est nécessaire.*

Considérons les deux intégrales et par différence l'intégrale curviligne

$$\mathrm{I}=\int_{t_0}^{t_1}\left(-\mathrm{F}+\Sigma y\frac{dx}{dt}\right)dt,\qquad \mathrm{I}'=\int_{t_0}^{t_1}\left(-\mathrm{F}+\Sigma y'\frac{dx'}{dt}\right)dt,$$

$$\mathrm{I}-\mathrm{I}'=\int_{t_0}^{t_1}\Sigma(y\,dx-y'\,dx'),$$

où nous désignons par x', y' les $2n$ variables transformées des variables x, y, deux à deux conjuguées aussi, et où F est la fonction génératrice des équations (1), exprimée dans I en fonction des x, y et dans I′ en fonction des x', y'. On constate de suite que les équations d'Euler correspondant à l'intégrale I et aux $2n$ variables x, y sont les équations (1). Par conséquent, à partir d'un système donné de fonctions $x(t)$, $y(t)$, pour que, dans une variation quelconque où les limites t_0, t_1 de la variable t sont fixes, la variation de l'intégrale I se réduise, selon la formule classique, à la première des expressions

$$(6)\qquad \delta\mathrm{I}=(\Sigma y\,\delta x)_0^1,\qquad \delta\mathrm{I}'=(\Sigma y'\,\delta x')_0^1,\qquad \delta(\mathrm{I}-\mathrm{I}')=[\Sigma(y\,\delta x-y'\,\delta x')]_0^1,$$

il faut et il suffit que les fonctions $x(t)$, $y(t)$ constituent une solution des équations (1) : ce que nous supposons dans la suite.

Si l'élément $\Sigma(y\,dx-y'\,dx')$ est une différentielle exacte, soit la différentielle de la fonction Φ, la valeur de l'intégrale curviligne I — I′ est la différence des valeurs de Φ pour les limites t_0 et t_1 de la variable t, et la variation de cette intégrale est égale, selon la définition de Φ_1, à la différence

$$\delta(\mathrm{I}-\mathrm{I}')=(\delta\Phi)_0^1=[\Sigma(y\,\delta x-y'\,\delta x')]_0^1.$$

Ainsi dans la variation considérée, δI et δ(I — I′) sont donnés par la première et la troisième des expressions (6), donc δI′ est donné par la deuxième, et par suite le changement de variables est canonique, la condition III est suffisante.

Réciproquement, si les variables x', y' sont canoniques comme les variables x, y, on a à la fois dans la variation considérée les deux premières des expressions (6), et par conséquent aussi la troisième qui donne la variation de l'intégrale curviligne I — I′. Il résulte que la valeur de cette intégrale dépend seulement des extrémités de l'arc d'intégration, soit $x(t)$, $y(t)$, dans l'espace à $2n$ dimensions, et, comme ce résultat est valable quels que soient la fonction F et par conséquent l'arc d'intégration, l'élément $\Sigma(y\,dx-y'\,dx')$ est une différentielle exacte : ainsi la condition III est nécessaire.

(²) *Les méthodes nouvelles de la Mécanique céleste,* 3, 1899, p. 249.

MÉTROLOGIE INTERFÉRENTIELLE. — *Études de raies du thallium et du zinc en vue de leurs applications métrologiques.* Note (¹) de M. **Albert Pérard.**

Il est bien connu que, dans les mesures faites au moyen des interférences lumineuses, on n'observe directement que l'*excédent fractionnaire* d'un ordre d'interférence; il faut ensuite retrouver l'entier par la combinaison des divers excédents observés sur un certain nombre de raies. Cette méthode suppose que les rapports des longueurs d'onde des raies utilisées sont des nombres connus constants, indépendants de la différence de marche; ce qui n'est strictement exact que pour des raies monochromatiques, simples et symétriques, comme il n'en existe peut-être aucune, mais qui est suffisamment approchée pour certaines raies, telles que celles du cadmium, utilisées par Michelson.

J'ai montré précédemment (²) que, avec les interférences à deux ondes (appareil Michelson), si l'on prend soin d'établir au préalable, par des comparaisons précises, les corrections relatives de chaque raie par rapport à l'une d'elles considérée comme la mieux monochromatique (rouge du cadmium par exemple), la méthode devient applicable en pleine sécurité à toute raie, même très complexe.

Ces corrections, exprimées en fractions d'ordre d'interférence et en fonction de la différence de marche, sont les quantités qu'il faut ajouter aux excédents fractionnaires observés, pour les ramener à ce qu'ils seraient si la raie était parfaitement monochromatique et de la longueur d'onde exacte qui sert au calcul. Elles ne concernent en principe que les interférences à deux ondes; mais lorsque, aux très grandes différences de marche, les franges d'interférence à ondes multiples s'étalent au point de donner aussi un phénomène d'allure sinusoïdale, ces mêmes corrections peuvent généralement leur être appliquées.

Un très grand nombre de mesures ont été exécutées ainsi, en utilisant, non seulement des raies du néon, du cadmium et du krypton, mais encore des raies très complexes, comme celles du mercure, si avantageuses par leur commodité de production, leur luminosité et la finesse de leurs composantes.

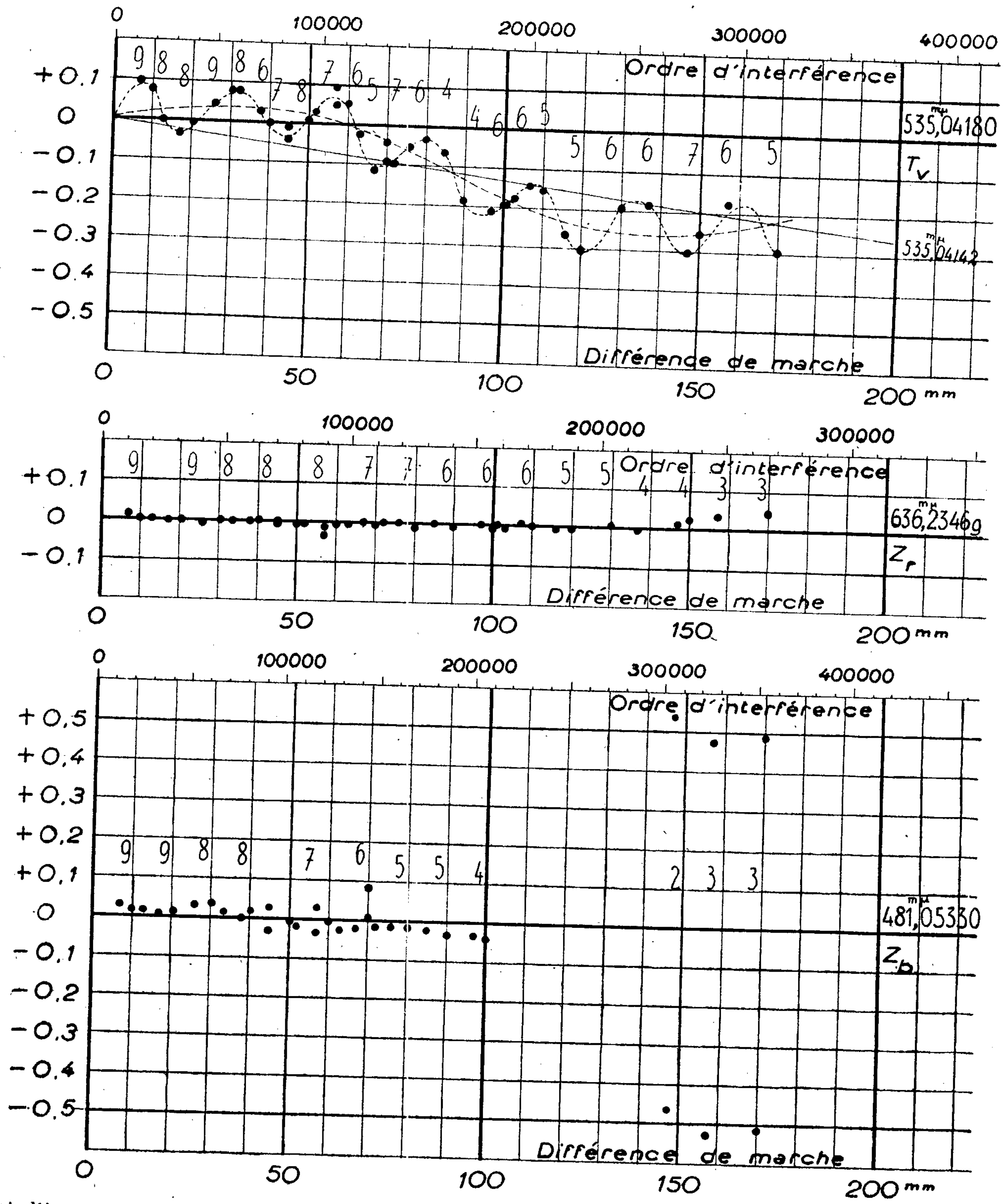
Cependant, pour augmenter la sécurité et les facilités de la recherche des entiers, j'ai cru devoir plus récemment étudier encore d'autres radiations dans le cæsium, le thallium et le zinc.

Les lampes utilisées étaient des lampes spectrales Osram, du type courant, marchant sur courant alternatif, 220 volts, 50 périodes, avec interposition d'une self réglable, l'intensité étant réduite, pour obtenir des raies plus fines, à 1 A (au lieu de 2 A, indiqués par le constructeur), pour la lampe au cæsium; à 0,5 A (au lieu de 1 A) pour la lampe à thallium; et à 1 A (au lieu de 1,5 A)

(¹) Séance du 24 novembre 1947.

(²) Réunions de l'Institut d'Optique, 6e année, 12 février 1935.

pour la lampe à zinc. Même sous cette intensité réduite, chacune des raies étudiées est encore fort lumineuse.



T_v, thallium vert; Z_r, zinc rouge; Z_b, zinc bleu. Les chiffres inscrits au-dessus des points représentatifs des expériences expriment la visibilité des interférences, évaluée de 0 à 10.

Dans le cæsium, en raison de la faible visibilité des interférences, aucune raie n'est utilisable en métrologie, je l'ai reconnu aussitôt. Les résultats obtenus sur la raie verte du thallium (T_v), sur les raies rouge et bleue du zinc (Z_r et Z_b), sont portés aux graphiques ci-dessus; ceux des raies bleu-indigo et indigo du zinc (Z_{bi} et Z_i), moins intéressantes, n'ont pu trouver place ici.

De telles courbes de correction peuvent, comme je l'ai aussi indiqué, fournir par surcroît des renseignements très précis, non seulement sur la valeur exacte de la longueur d'onde, mais encore sur la structure fine de chaque raie, que l'on se serve seulement, pour l'analyse, des procédés graphiques que j'ai détaillés, ou mieux que l'on fasse appel à la méthode de calcul de Duffieux. Les renseignements que l'on peut tirer des trois courbes précédentes, ainsi que des deux autres qui n'ont pas été reproduites, confirment, en les précisant, les structures fines de ces raies déjà mises en évidence par Michelson au moyen du simple phénomène de la visibilité.

Thallium vert (T_v). — La longueur d'onde admise auparavant, de $0^{\mu},535\,041\,80$, est celle qui correspond le mieux aux petites différences de marche. Il semble que cette raie comprend une radiation principale, à qui l'on doit attribuer la longueur d'onde $0^{\mu},535\,041\,42$, avec un premier satellite qui provoque les courtes oscillations de la courbe à $+11^{\mu\mu},36$, amplitude voisine de 0,37, et un autre, très proche, vers $+1^{\mu\mu},65$, amplitude 0,48. Cette raie, où se trouve concentrée la lumière du spectre visible du thallium, donne des interférences bien distinctes à toutes différences de marche jusqu'à 170^{mm}; elle peut avantageusement remplacer le vert du mercure aux distances auxquelles celui-ci est déficient.

Zinc rouge (Z_r). — La longueur d'onde précédemment admise, de $0^{\mu},636\,234\,2$, est notablement fausse; il faut prendre $0^{\mu},636\,234\,69$. Raie très intense, bien monochromatique, pointable avec une grande précision jusqu'à 150^{mm}, capable de remplacer jusqu'à cette distance le rouge du cadmium, beaucoup moins lumineux.

Zinc bleu (Z_b). — La longueur d'onde $0^{\mu},481\,053\,30$ est correcte. Sous l'intensité indiquée, la raie éprouve un léger renversement, les deux maxima étant à la distance approximative de $2^{\mu\mu}$. On croit pouvoir remarquer aussi un faible satellite, amplitude 0,1 de la radiation principale et à la distance de $+11^{\mu\mu}$.

Zinc bleu indigo (Z_{bi}). — La longueur d'onde admise précédemment, de $0^{\mu},472\,216\,2$, est notablement fausse; on doit prendre $\lambda = 0^{\mu},472\,215\,74$. Probablement satellite très faible, amplitude relative 0,15 à environ $+2^{\mu\mu},3$ de la composante principale.

Zinc indigo (Z_i). — Malgré une bonne intensité relative, cette raie est difficile à pointer, ce qui explique une certaine dispersion des résultats. La longueur d'onde de $0^{\mu},468\,013\,60$, admise antérieurement, peut être acceptée.

BIOLOGIE. — *L'harmonie et la dysharmonie chronologiques dans l'évolution des stases.* Note (1) de M. François Grandjean.

Un animal qui se développe par stases a autant de phylogenèses (ou d'orthogenèses) que de stases, pour chaque sexe. Exprimons cela sous une autre forme en disant que dans le temps phylogénétique T, pour chaque sexe, l'animal évolue simultanément à divers *niveaux*, un niveau correspondant à une stase, c'est-à-dire à une valeur repère du temps ontogénétique t. J'ai exposé brièvement cette manière de voir dans une Note précédente (2). Les phylogenèses aux divers niveaux sont indépendantes malgré leur liaison par l'onto-

(1) Séance du 24 novembre 1947.

(2) *Comptes rendus*, **225**, 1947, p. 612.

genèse, et selon que cette indépendance fondamentale se manifeste ou non, d'une stase à l'autre, au même temps T, par des changements qui affectent beaucoup la forme générale, nous pouvons dire, en gros, qu'il y a *dysharmonie* (divergence, désaccord, discordance) ou *harmonie* (parallélisme, accord, concordance) dans l'évolution des stases.

Ainsi évoquée, la notion de dysharmonie ou d'harmonie n'est applicable qu'aux cas extrêmes. Cherchons à la préciser. Alors il ne faut plus parler de l'animal tout entier, mais de chacun de ses caractères. J'admets que le caractère choisi est d'observation directe et facile, qu'il est constant au cours de la vie d'une stase quelconque et que nous savons le reconnaître aux divers niveaux. A chaque niveau il change dans le temps T et ses variations sont de plusieurs natures, en général mesurables, qu'elles soient discontinues ou continues.

Souvent aussi il a des variations discontinues qui ne sont pas mesurables, ou qu'il n'est pas nécessaire de mesurer pour les définir, car elles n'opposent, à une éventualité P, qu'une seule éventualité S exclusive de P, sans qu'il y ait aucun cas intermédiaire entre P et S. J'appelle cela une discontinuité simple ou encore une discontinuité PS.

Les discontinuités PS sont très communes et très importantes, parce qu'un de leurs cas est la variation présence-absence et que beaucoup de caractères, au cours de l'évolution, apparaissent ou disparaissent brusquement. Désignons par P (primitive) l'éventualité la plus ancienne dans le temps T et par S (secondaire) la plus récente. A un niveau quelconque, si P existe, il devient S ou reste P. Nous n'avons pas à considérer le changement de S à P, soit parce qu'il est impossible (irréversibilité dans le temps T), soit parce que, s'il avait lieu, il constituerait un phénomène sans rapport obligatoire de conséquence avec le changement de P à S, de sorte qu'il faudrait l'étudier à part. Mais il peut arriver qu'à un niveau nous ne rencontrions jamais ni P ni S. Appelons *de carence* un tel niveau.

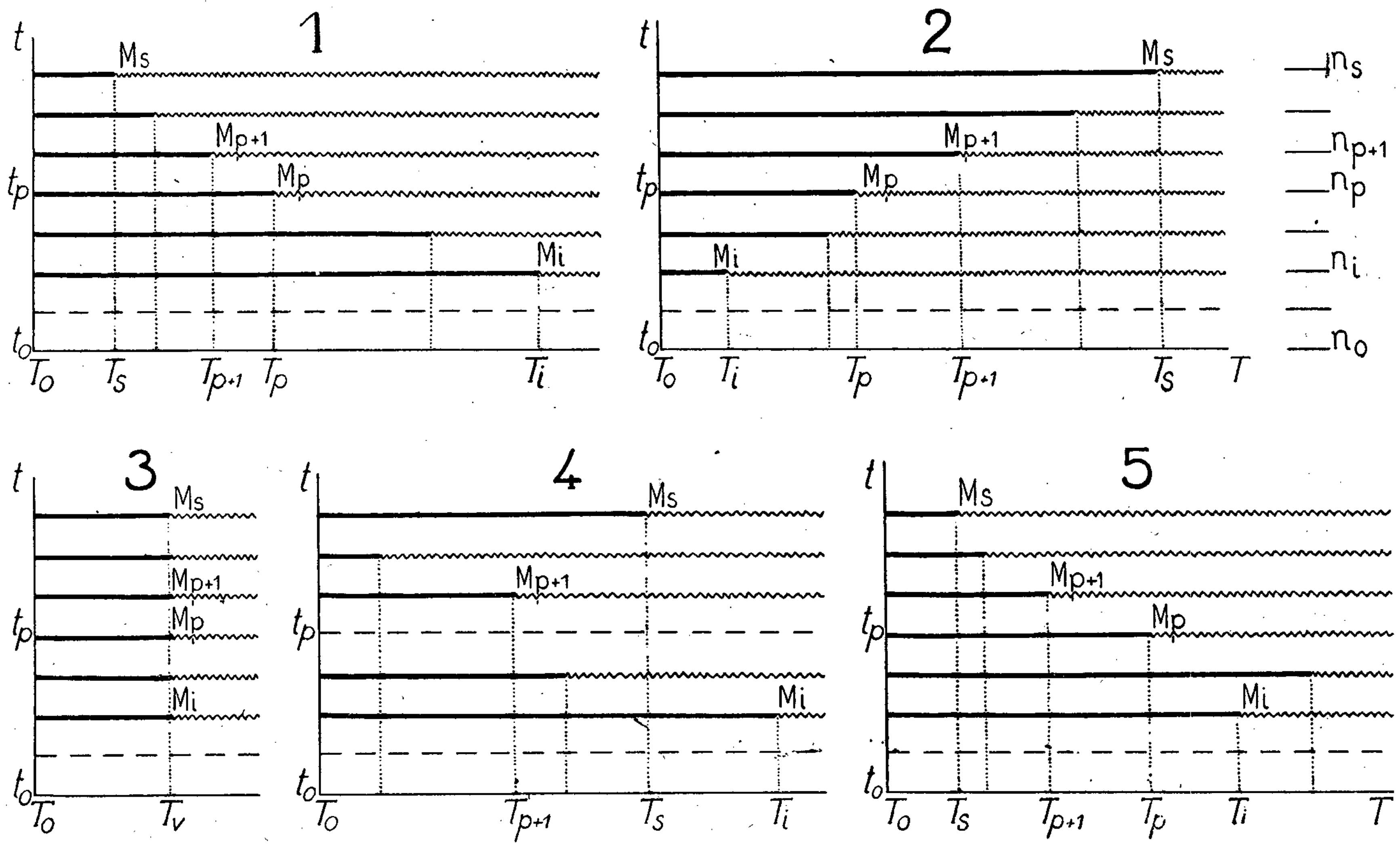
Ceci posé, il est clair que l'harmonie ou la dysharmonie évolutive d'une discontinuité PS est purement chronologique. Elle consiste seulement dans la manière dont se succèdent, aux divers niveaux n_p, les époques T_p correspondantes où se fait le changement brusque de P à S. Je propose donc la définition suivante :

Pour qu'il y ait *harmonie chronologique*, d'un niveau n_a à un niveau plus élevé n_b, dans l'évolution d'une discontinuité PS, il faut et il suffit qu'à tous les niveaux n_p de cet intervalle, les limites comprises, les valeurs de T_p soient telles que, rangées dans l'ordre des p croissants, elles ne croissent jamais (harmonie *descendante*), ou ne décroissent jamais (harmonie *ascendante*), ou encore ne changent pas (harmonie *verticale*).

L'harmonie chronologique est réalisée aux mêmes conditions pour tout le développement lorsque n_b est le niveau supérieur, n_s celui de l'adulte, et que n_a

est le niveau le plus inférieur n_i (niveau de base) pour la discontinuité que l'on étudie.

Les diagrammes 1 à 3 représentent les trois cas d'harmonie chronologique



Diagrammes chronologiques d'une discontinuité simple.
1, harmonie descendante. — 2, harmonie ascendante. — 3, harmonie verticale. — 4 et 5, deux cas de dysharmonie. — Tous ces diagrammes sont schématiques. Le nombre des niveaux est pris au hasard.

dans un intervalle $n_i - n_s$. Le temps T y est porté en abscisse et le temps t en ordonnée. Les niveaux n sont des droites horizontales. M_p représente la discontinuité au niveau n_p quelconque. C'est un point d'abscisse T_p. Un temps t_p correspond à chaque niveau n_p. La ligne horizontale, de part et d'autre de M_p, est dessinée de deux manières (un trait fort à gauche, un trait tremblé à droite), pour exprimer qu'on observerait en ce point un brusque changement. Le trait fort veut donc dire P et le trait tremblé S. Le trait mince interrompu représente un niveau de carence. Le plus bas niveau, n_o, celui de l'œuf, est aussi un niveau de carence, mais il est figuré en trait continu parce qu'il est pris pour axe des abscisses. La verticale T_o, prise pour axe des ordonnées, est celle du temps « primitif ». Je suppose qu'on distingue les niveaux au temps T_o. Dans l'intervalle $n_i - n_s$, ou $n_a - n_b$, T_p a une valeur plus grande que les autres et une plus petite. Les deux verticales correspondantes enferment la *période évolutive*.

La définition exclut tout niveau de carence entre n_a et n_b, ou entre n_i et n_s, les limites comprises, car il n'y aurait alors, pour ce niveau, aucune valeur de T_p qui pût être comparée aux autres. Elle n'exclut pas qu'à un niveau, ou plusieurs, l'une des éventualités, P ou S, existe seule, les points M correspondants étant alors rejetés, soit à l'infini (à droite), soit sur l'axe T_o (à gauche).

Des points M_p, M_{p+1}, M_{p+2}, etc. peuvent être sur une même verticale en harmonie descendante ou ascendante.

La dysharmonie est l'absence d'harmonie. Les diagrammes 4 et 5 en font voir deux cas. Ces diagrammes sont construits avec les mêmes conventions que les trois premiers et donnent lieu aux mêmes remarques, mais un niveau de carence, ou plusieurs, peuvent exister entre n_i et n_s. J'en ai mis un, au niveau n_p, sur le diagramme 4.

Alors qu'une phylogenèse est horizontale, une ontogenèse est représentée par une verticale. L'ontogenèse actuelle tombe *a priori* n'importe où. La période évolutive est en cours, ou est finie, ou n'a pas encore commencé.

Dans une ontogenèse quelconque, à partir du niveau de base, on passe de P à S, ou de S à P, pendant la période évolutive. L'harmonie exige que le changement ne se fasse qu'une fois entre les deux niveaux extrêmes, les limites comprises, c'est-à-dire qu'il se fasse dans un sens déterminé et sans lacune (sans qu'il y ait carence à un niveau); mais cette condition nécessaire n'est pas suffisante, à moins qu'on ne l'étende à toute la période évolutive du changement de P à S. Sur la figure 5, par exemple, la dysharmonie n'est pas révélée avant l'époque T_i. On peut dire que l'évolution a été harmonique jusqu'à cette époque.

Dans des Notes ultérieures je ferai quelques autres commentaires sur ces diagrammes. Dans celle-ci je n'ajoute qu'un mot afin de faire remarquer que les diagrammes ne sont pas seulement des constructions théoriques, dépourvues de critérium vérifiable et d'usage. On pourrait le craindre, car en toute rigueur un diagramme est relatif aux ancêtres et aux descendants d'un animal déterminé, pour le caractère que l'on étudie. Or nous ne savons rien sur les descendants et en général rien non plus sur les ancêtres. Devons-nous en rester à cette première impression ?

Certainement non, car l'exploration du temps T est souvent possible, même à un néontologiste. Je crois qu'un diagramme unique, à des détails près qui n'en changent pas l'allure, convient à tout un phylum pour un caractère donné. Il suffit de bien définir le phylum et de lui donner exactement ses limites naturelles. D'une espèce à l'autre, dans ce phylum, la diversité provient surtout de ce que le diagramme n'est pas parcouru dans tous les cas avec la même vitesse au cours du temps T. Relativement à une espèce dont l'ontogenèse actuelle est connue, et qui sert de point de départ, les ontogenèses des autres espèces, quoique observées aussi au temps présent, se comportent comme les ontogenèses à divers temps T d'un même diagramme (c'est-à-dire comme les diverses verticales de ce diagramme), et ces espèces nous font voir, les unes le passé, les autres l'avenir du caractère. Un tel principe, simple extension de celui d'orthogenèse, n'a rien de nouveau, et nous l'appliquons toujours, consciemment ou non, dans les comparaisons morphologiques.

GÉOLOGIE. — *Quelques indications sur la géologie profonde de Madagascar d'après les enregistrements de tremblements de terre*. Note (¹) de M. **Charles Poisson**.

L'enregistrement par les séismographes des ondes provenant de tremblements de terre dont le foyer se trouvait sous le sol de Madagascar peut fournir des indications intéressantes sur la géologie profonde de l'île. Nous avons examiné à ce point de vue les séismogrammes inscrits depuis 1927 par les deux composantes horizontales Mainka de 450^{kg}, lorsque l'épicentre paraissait déterminé avec une approximation suffisante par renseignements macroséismiques. Le grandissement 140 de nos instruments n'est pas toujours un inconvénient; par contre, aux courtes distances épicentrales, la vitesse de déroulement du papier enfumé, 15^{mm} par minute, ne permet pas d'apprécier à mieux que la demi-seconde l'heure d'arrivée des ondes. En outre, si le tremblement de terre est trop faible, les ondes P_n et S_n ne seront pas inscrites; s'il est trop fort, l'instrument à enregistrement mécanique est mis hors de service. Ces remarques restreignent singulièrement le nombre des séismogrammes réellement utilisables.

Le 29 mars 1943, une forte secousse fut ressentie dans un grand nombre de localités malgaches; l'épicentre se trouvait sous le canal de Mozambique, à la latitude de Tananarive (azimut presque exactement Ouest). Les séismographes inscrivirent correctement les trois ondes P_n, P^* et $\overline{P}$; la tige de transmission de la composante Est-Ouest tomba, immobilisant cet instrument lorsque l'amplitude inscrite pour $\overline{P}$ devint trop grande. La distance épicentrale est clairement connue par les lectures faites au cours de 4 répliques, dont l'une, sentie par les stations littorales, permet d'affirmer que l'épicentre devait être très voisin de celui du choc principal. Nous lisons :

$$\overline{P}-P_n=17^s \qquad \overline{P}-P^*=8^s \qquad S_n-P_n=49^s \qquad S^*-P^*=51^s \qquad \overline{S}-\overline{P}=51^s.$$

Les tables de Jeffreys et Bullen (1940) donnent une distance épicentrale de 430^{km}, en bon accord avec les renseignements macroséismiques.

L'existence des ondes $\overline{P}$ et $\overline{S}$, provenant de la couche la plus superficielle, dite parfois couche granitique, et dont la vitesse de propagation a été trouvée la même dans tous les pays où elles ont été étudiées, ne faisait pas de doute à Madagascar. Les séismologistes sont également d'accord sur la vitesse des ondes P_n, qui ont traversé la discontinuité la plus profonde, dite souvent de Mohorovicic. L'existence d'une couche intermédiaire, avec ondes P^* à vitesse voisine de 6,3 ou 6,4 km/sec, connue en Europe et dans la partie centrale du continent américain, n'avait pas encore été signalée à Madagascar. Notre

(¹) Séance du 6 octobre 1947.

interprétation du tremblement de terre, enregistré dans le monde entier le 23 octobre 1938, faisait cependant état des ondes P^* et S^* à la distance épicentrale de 590^{km}. Mais ce séisme de 1938, comme ceux de 1943, avait son foyer sous le canal de Mozambique, dont la géologie profonde peut différer notablement de celle de Madagascar.

Nous avons donc repris dans notre collection une série de séismogrammes d'épicentre malgache suffisamment connu. Nous disposions de plusieurs enregistrements de qualité convenable pour la région comprise entre le lac Alaotra et la côte Est de Madagascar, à diverses distances 200, 220, 245, 250^{km} de la station séismologique. Sur tous on a retrouvé les trois couples d'ondes $P_n S_n$, $P^* S^*$, $\overline{P}\,\overline{S}$.

Dans l'interprétation de ces inscriptions, sous la réserve faite au sujet de l'imprécision des lectures de temps sur une bande à échelle de temps trop réduite, on n'a pas noté de différences systématiques par rapport aux tables de Jeffreys ou à celles de Joliat, basées sur des hypothèses très légèrement différentes. On se rappelle que Jeffreys suppose la base de la première couche à 15^{km} au-dessous de la surface, et la base de la deuxième, ou discontinuité de Mohorovicic, vers le kilomètre 33. En première approximation cet ordre de grandeur pourrait convenir à Madagascar. On s'est ensuite proposé de vérifier si les résultats obtenus dans le secteur Nord-Est par rapport à Tananarive restaient valables dans d'autres azimuts, et cette vérification a pu être faite au Nord (région de l'Alaotra), au Sud (Ivohibe), au Sud-Ouest (Betsileo). Elle est probablement valable pour l'île entière. Mais la sensibilité réduite des Mainka ne permet plus l'inscription lisible des ondes P_n et S_n aux distances supérieures à 200^{km}, si la secousse n'a pas atteint un certain degré d'intensité. Par contre, les ondes P^* et S^* sont nettement mieux marquées, leurs amplitudes étant plus grandes, et ont été retrouvées à toutes les distances épicentrales que nous avons pu vérifier en sol malgache, c'est-à-dire jusqu'à 550^{km} au moins. $\overline{P}$ et $\overline{S}$ étaient généralement les impetus les plus forts.

Aux distances de 650 à 900 kilomètres, nous ne possédons que des enregistrements de secousses ressenties dans l'archipel des Comores. Les renseignements macroséismiques n'ont plus, dans cette zone, une précision suffisante, ou portent sur des tremblements de terre trop faibles pour que toutes les ondes soient fidèlement inscrites par les Mainka. Tel est aussi le cas pour l'extrémité Sud de Madagascar.

Il serait évidemment intéressant de rechercher à quelle distance l'hodochrone des P_n coupe celle des $\overline{P}$, puisqu'on en pourrait déduire une valeur approchée de la profondeur de la couche de discontinuité. Mais ici le déroulement lent de nos bandes enfumées est prohibitif. Tout ce que l'on croit pouvoir affirmer, c'est qu'à une distance de 150 kilomètres on peut encore constater que les trois ondes P existent simultanément, et que dans un cas au moins, à la distance

90 kilomètres, l'onde $\overline{P}$ (impetus) précédait d'une fraction de seconde 0,3 ou 0,4 une autre onde longitudinale.

Si le foyer d'un tremblement de terre se trouve en dessous de la base de la couche supérieure, ou granitique, l'onde $\overline{P}$ ne doit plus exister, en dessous de la discontinuité de Mohorovicic l'onde P^* elle-même doit disparaître.

DÉSIGNATIONS.

MM. **Charles Jacob** et **Emmanuel de Margerie** sont désignés pour représenter l'Académie à la XVIIIe Session du *Congrès géologique international*, qui se tiendra à Londres en 1948.

M. **Georges Poivilliers** est adjoint aux délégués précédemment désignés pour représenter l'Académie aux Cérémonies du Centenaire de la Société des Ingénieurs Civils de France.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Albert Kirrmann. *Chimie organique*. I. *Généralités*. II. *Fonctions simples* (présenté par M. Marcel Delépine).

2° Centre international de synthèse. *Revue d'histoire des sciences et de leurs applications*. Tome I, N° 1.

3° Dontcho Kostoff. *Cytogenetics of the genus nicotiana* (en langues anglaise et bulgare).

4° Dontcho Kostoff et Rayna Georgieva. *Resistance to tobacco mosaic virus* (en langues anglaise et bulgare).

5° Central agricultural research and control Institute Sofia. *Scientific Publications*. Volume I, N° 1.

6° *Bulletin de la chambre de culture nationale* (Sofia). *Série Biologie, agriculture et silviculture*. Volume I, N° 1.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur la majoration de certaines transformées intégrales*. Note (1) de M. **Yaroslav Tagamlitzki**, présentée par M. Paul Montel.

M. Michel Loève (2), faisant appel à ma Note (3), a obtenu des résultats intéressants. Nous voulons indiquer ici une généralisation d'un des résultats

(1) Séance du 3 novembre 1947.

(2) *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 31.

(3) *Comptes rendus*, 223, 1946, p. 940.

de M. Loève en introduisant des différences divisées d'ordre quelconque

$$N[\alpha(t), t_1, t_2, \ldots, t_m] = \frac{\alpha(t_1)}{F'(t_1)} + \frac{\alpha(t_2)}{F'(t_2)} + \ldots + \frac{\alpha(t_m)}{F'(t_m)},$$

$$F(t) = (t - t_1)\ldots(t - t_m), \qquad t_\nu \neq t_\mu \quad \text{lorsque} \quad \nu \neq \mu,$$

au lieu des différences du premier ordre qu'il introduit, ce qui permet de trouver des conditions d'existence des dérivées de la fonction intégrante en des points données d'avance. Les fonctions $\alpha(t)$ et $\beta(t)$ seront à variation bornée et normalisées pour $t \geqq 0$, c'est-à-dire que

$$\alpha(0) = \beta(0) = 0, \qquad \alpha(t) = \frac{\alpha(t-0) + \alpha(t+0)}{2}, \qquad \beta(t) = \frac{\beta(t-0) + \beta(t+0)}{2}.$$

THÉORÈME. — *Soit $f(x)$, une fonction susceptible de la représentation*

$$f(x) = \int_0^\infty e^{-xt}\, d\alpha(t), \qquad \text{pour} \quad x > a.$$

Pour que les différences divisées

$$(1) \qquad N[\alpha(t), t_1, \ldots, t_{r+1}] \qquad (r = 1, 2, \ldots, n-1)$$

gardent des signes invariables pour r fixe, il faut et il suffit que les expressions

$$(2) \qquad (-1)^{k+r-1} \frac{d^{k+r-1}}{dx^{k+r-1}} [x^{r-1} f(x)] \qquad (k = 0, 1, 2, \ldots)$$

gardent le même signe que N, *lorsque k, t_1, t_2, ..., t_{r+1} varient.*

Démonstration. — Pour montrer que la condition est nécessaire, il suffit de remarquer que la fonction $\alpha(t)$ admet des dérivées continues jusqu'à l'ordre $n-3$ inclusivement, partout, et une dérivée d'ordre $n-2$ presque partout. On peut alors effectuer $n-2$ fois une intégration par parties, et ceci rend la nécessité évidente.

Pour montrer que la condition est suffisante, introduisons la fonction

$$\varphi_k(t) = (-1)^k \int_0^t u^{-k-1} f^{(k)}\left(\frac{1}{u}\right) du.$$

On vérifie sans peine l'identité

$$(-1)^{k+r-1} \frac{d^{k+r-1}}{dx^{k+r-1}} [x^{r-1} f(x)] = t^{k+r-1} \frac{d^r}{dt^r} \varphi_k(t), \qquad \text{où} \quad t = \frac{1}{x}.$$

La différence divisée $N[\varphi_k(t), t_1, \ldots, t_{r+1}]$ s'exprimant à l'aide de la dérivée d'ordre r (théorème des accroissements finis généralisé), on en conclut que les expressions $[1/(k-1)!]\, N[\varphi_k[t/(k-1), t_1, \ldots, t_{r+1}]]$ ont le même signe que (2). D'autre part $[1/(k-1)!]\, \varphi_k[t/(k-1)]$ tend vers $\alpha(t)$ pour $k \to \infty$ [4]

[4] D. V. WIDDER, *The inversion of the Laplace integral and related moment problem* (*Trans. A. M. S.*, 36, pp. 107-102).

et, par conséquent, $[1/(k-1)!]\,N[\varphi_k[t/(k-1), t_1, \ldots, t_{r+1}]]$ tend vers

$$N[\alpha(t), \ldots, t_{r+1}].$$

Cette différence divisée a donc le même signe que (2).

En appliquant à ce théorème les raisonnements de MM. Boas (5) et Loève (6), on trouve :

Corollaire 1. — *Considérons la fonction $g(x)$ susceptible pour $x > a$ de la représentation*

$$g(x) = \int_0^\infty e^{-xt}\,d\beta(t).$$

Pour que l'on ait pour

$$r = 0, 1, \ldots, n-1,$$
$$|N[\alpha(t), t_1, \ldots, t_{r+1}]| \leqq \varepsilon_r N[\beta(t), t_1, \ldots, t_{r+1}]$$

($\varepsilon_r = \pm 1$ *ne dépendant pas de* $t_1, t_2, \ldots, t_{r+1}$), *il faut et il suffit que*

$$(3) \qquad \left|\frac{d^{k+r-1}}{dx^{k+r-1}}\,x^{r-1}f(x)\right| \leqq (-1)^{k+r-1}\varepsilon_r\,\frac{d^{k+r-1}}{dx^{k+r-1}}[x^{r-1}g(x)] \qquad (x = 0, 1, \ldots).$$

Corollaire 2. — *Si les fonctions $f(x)$ et $g(x)$ vérifient pour $x > a$ les conditions* (3), *$\beta(t)$ admettant $n-2$ dérivées dans un intervalle* (α, β), $0 \leqq \alpha < \beta$, *il en est de même pour $\alpha(t)$. Particulièrement, l'existence de la première dérivée de $\beta(t)$ en un seul point $t = t_0$ entraîne l'existence de la dérivée pour $\alpha(t)$ au même point, dès que $n > 2$. Les points de continuité de $\beta^{(r)}(t)$ pour $r \leqq n-2$, $n \geqq 2$ sont des points de continuité de $\alpha(t)$.*

Si $n \geqq 3$ et si $g(x)$ peut être mis sous la forme d'une intégrale de Laplace au sens de Riemann, il en est de même pour $f(x)$ (7).

GÉOMÉTRIE. — *Sur des congruences de droites ou de courbes déduites d'une surface quelconque.* Note (1) de M. **André Charrueau**, présentée par M. Henri Villat.

I. Dans une Note récente (2) nous avons utilisé une transformation de contact de la 2e classe, définie géométriquement, qui est déterminée par deux points O_1, O_2, et deux vecteurs libres $\vec{I}_1$, $\vec{I}_2$. Nous la désignerons par $\mathfrak{T}$ ou par $\mathfrak{T}(O_1, O_2, \vec{I}_1, \vec{I}_2)$ et nous dirons que les *centres* O_1, O_2 et les vecteurs $\vec{I}_1$, $\vec{I}_2$ sont les *éléments fondamentaux* de $\mathfrak{T}$.

(5) *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 1683.

(6) *Comptes rendus*, **225**, 1947, p. 31.

(7) Voir aussi deux Notes à l'*Académie des Sciences de l'U. R. S. S.* (18 juin et 2 juillet 1947).

(1) Séance du 24 novembre 1947.

(2) *Comptes rendus*, **225**, 1947, p. 792.

Quand l'unité de longueur varie, le point A, correspondant à un élément de contact (a, ϖ) donné, décrit une *droite*. C'est un cas particulier de celui du paragraphe II *e* de la Note précitée.

II. O étant un point arbitraire, supposons $\vec{I}_1$ et $\vec{I}_2$ liés à O, ce qui ne modifie pas $\mathcal{T}$. Appelons D_1 la droite passant par les extrémités I_1 et I_2 de $\vec{I}_1$ et $\vec{I}_2$. Prenons pour axe Oz la demi-droite, d'origine O, perpendiculaire à D_1 et la rencontrant, et pour axe Oy une demi-droite parallèle à D_1. Soient O, β_1, γ_1 les coordonnées de I_1 et O, β_2, γ_1 celles de $I_2 (\gamma_1 > 0)$; $\vec{V}_1$ et $\vec{V}_2$ les vecteurs $\overrightarrow{OO_1} - \vec{I}_1 \wedge \overrightarrow{OO_1}$ et $\overrightarrow{OO_2} - \vec{I}_2 \wedge \overrightarrow{OO_2}$; ξ, η, ζ et ξ', η', ζ' les composantes de $(\vec{V}_2 - \vec{V}_1)/(\beta_2 - \beta_1)$ et de $(\beta_1 \vec{V}_2 - \beta_2 \vec{V}_1)/(\beta_2 - \beta_1)$; (x, y, z, p, q) et (X, Y, Z, P, Q) un élément de contact (a, ϖ) et le transformé (A, Π). Les plans ϖ et Π sont *perpendiculaires*. On a

$$(1) \qquad \frac{X + \xi'}{\gamma_1} = \frac{z + \xi}{q} - y, \qquad \frac{Y + \eta'}{\gamma_1} = x + \frac{\eta}{q}, \qquad \frac{Z + \zeta'}{\gamma_1} = -\frac{x - \zeta}{q};$$

$$(2) \qquad P = \frac{-q(x - \zeta) + \eta}{q(z + \xi) - p\eta}, \qquad Q = \frac{p(x - \zeta) - (z + \xi)}{q(z + \xi) - p\eta}.$$

A un élément de contact (A, Π), la transformation $\mathcal{T}^{-1}$, inverse de $\mathcal{T}$, fait correspondre, *en général*, *deux* éléments de contact (a, ϖ) et (a', ϖ'). *La droite* aa' *est perpendiculaire à* Π *et elle est l'intersection de* ϖ *et de* ϖ'. $\mathcal{T}^{-1}$ ne donne qu'*un* élément de contact dans des cas *particuliers* dont il sera question plus loin.

Aux *asymptotiques* d'une surface correspond un *réseau conjugué* sur sa transformée par $\mathcal{T}$. Réciproquement, aux *asymptotiques* d'une surface S correspond un *réseau conjugué* sur chacune des surfaces s et s' que donne, en général, $\mathcal{T}^{-1}$ appliquée à S. Les surfaces considérées sont supposées non développables. s et s' constituent la *surface focale* de la congruence engendrée par la droite aa'. ϖ et ϖ' sont les *plans focaux* de aa'. *Les asymptotiques se correspondent sur* s et s'.

III. Examinons le cas où, l'origine O restant fixe, I_1 et I_2 se déplacent sur D_1, parallèle à Oy et supposée fixe. On peut faire *varier la position de* O_1 en fonction de β_1 seul et *celle de* O_2 en fonction de β_2 seul, de manière que $\mathcal{T}(O_1, O_2, \vec{I}_1, \vec{I}_2)$ *reste invariable*, c'est-à-dire donne toujours le même élément de contact (A, Π) pour chaque élément de contact (a, ϖ). Quand β_1 varie, O_1 décrit une *cubique* dont la projection sur zOx est une *ellipse*. Quand β_2 varie, O_2 décrit la *même cubique*. O_1 et O_2 sont indépendants de O et du sens, arbitraire, de Oy.

IV. Par exception à la règle ordinaire, $\mathcal{T}^{-1}$ ne fait correspondre, à un élément de contact (A, Π) quelconque, qu'un *seul* élément de contact (a, ϖ), *lorsque* O_1 et O_2 *sont confondus, ou que* $\vec{V} = \overrightarrow{O_1O_2} - \vec{I}_2 \wedge \overrightarrow{O_1O_2}$ *est perpendi-*

culaire à $\vec{L} = \vec{I}_2 - \vec{I}_1$. Dans le premier cas ([3]), nous dirons que $\mathfrak{T}$ est *à centre unique*. Dans le deuxième, $\eta = 0$, $\overrightarrow{O_1O_2}$ est parallèle au plan $y - \gamma_1 x = 0$ et nous désignerons la transformation par $\mathfrak{T}_1$.

V. Prenons l'*origine* O en O_1. Alors $\vec{V}_1 = 0$, $\vec{V}_2 = \vec{V}$. Soient $D_{1'}$ la droite déduite de D_1 par l'homothétie $(O_1, -1/\gamma_1^2)$ et par une rotation de $\pi/2$ autour de $O_1 z$; I_n le point où le plan parallèle à ϖ et passant par O_1 coupe D_1; I'_n le point où le plan parallèle à Π et passant par O_1 coupe $D_{1'}$; $\vec{I}_n$ et $\vec{I}'_n$ les vecteurs $\overrightarrow{O_1 I_n}$ et $\overrightarrow{O_1 I'_n}$; O' et O'' les points $(\zeta, 0, -\xi)$ et $(-\beta_1\xi, \gamma_1\zeta, -\beta_1\zeta)$, *qui ne dépendent que des éléments fondamentaux*.

Pour une transformations $\mathfrak{T}_1$,

$$\overrightarrow{O''A} = \vec{I}_n \wedge \overrightarrow{O'a}, \qquad \overrightarrow{O'a} = \vec{I}'_n \wedge \overrightarrow{O''A}. \tag{3}$$

Dans ce cas, la projection sur zOx de la perpendiculaire menée de a sur Π *passe toujours par* O' et la projection sur yOz de la perpendiculaire menée de A sur ϖ *passe toujours par la projection de* O'' *sur* yOz.

Lorsque O_1 et O_2 sont confondus, O', O'' et O_2 sont confondus avec O_1.

O_1 et O_2 étant à nouveau distincts, $\mathfrak{T}_1$ est équivalente à une *transformation à centre unique* O' (dans laquelle on emploie D_1) suivie de la *translation* $\overrightarrow{O'O''}$. $\mathfrak{T}_1^{-1}$ est équivalente à une *transformation à centre unique* O'' (dans laquelle on emploie $D_{1'}$) suivie de la *translation* $\overrightarrow{O''O'}$. Soient I_0 l'intersection de D_1 et de $O_1 z$; $\vec{I}_0$ le vecteur $\overrightarrow{O_1 I_0}$; L la longueur $I_1 I_2$. On a

$$L^2 \overrightarrow{O_1 O'} = \vec{L} \wedge \vec{V}, \qquad L^2 \overrightarrow{O_1 O''} = -(\vec{I}_1 . \vec{L}) \vec{V} + (\vec{I}_0 . \vec{V}) \vec{L}. \tag{4}$$

La cubique du paragraphe III dégénère en le point O_1 ou en une ellipse du plan $y - \gamma_1 x = 0$ quand on part respectivement d'éléments fondamentaux tels que $\overrightarrow{O_1 O_2} = 0$, d'où $\vec{V} = 0$, ou bien tels que $\vec{L} . \vec{V} = 0$, avec $\overrightarrow{O_1 O_2} \neq 0$.

On a, *pour tout élément de contact*,

$$\mathfrak{T}_1^{-1}(O_1, O_2, \vec{I}_1, \vec{I}_2) = \mathfrak{T}_1(O_1, O_2, \vec{I}'_1, \vec{I}'_2), \tag{5}$$

si les extrémités $I'_1[\alpha'_1, 0, -(1/\gamma_1)]$ et $I'_2[\alpha'_2, 0, -(1/\gamma_1)]$ de $\vec{I}'_1$ et $\vec{I}'_2$, d'origine O_1, sont telles que

$$\frac{1 + \gamma_1(\gamma_1 + \alpha'_1 \beta_2)}{\beta_2 - \alpha'_1 \gamma_1} = \frac{1 + \gamma_1(\gamma_1 + \alpha'_2 \beta_1)}{\beta_1 - \alpha'_2 \gamma_1} = \frac{z_2}{x_2}. \tag{6}$$

([3]) Pour ce cas, voir ANDRÉ CHARRUEAU, *Comptes rendus*, **221**, 1945, p. 274, et **225**, 1947, p. 620; *Bull. des Sc. math.*, 2e série, **70**, juillet-août 1946, p. 127.

x_2 et z_2 sont deux coordonnées de O_2. I'_1 et I'_2 sont situés sur D_P. La relation entre α'_1 et $-\alpha'_2$ est *involutive*. Si O_2 est sur la droite $O_1 z$, on a $\alpha'_1 = \beta_2/\gamma_1$, $\alpha'_2 = \beta_1/\gamma_1$.

MÉCANIQUE ONDULATOIRE. — *Un procédé simple pour l'étude de certains problèmes d'évolution, avec application au cas d'une particule mobile en l'absence de champ.* Note de M. **Bernard d'Espagnat.**

Soit ψ_t la fonction d'onde représentative de l'état d'une particule à l'instant t; on se souvient que le calcul de ψ_t à partir de ψ_0 n'est pas simple, même dans le cas d'un champ nul, et que, lorsque ce calcul est possible, le résultat ψ_t est lui-même compliqué. Le procédé que nous allons indiquer permet de retrouver presque sans calculs les diverses conclusions ayant un sens physique que l'on pouvait tirer de la connaissance de ψ_t, et cela sans passer par l'intermédiaire de ψ_t.

On sait que si A et B sont deux opérateurs *permutables*, leur fonction caractéristique quantique (¹) est

$$\Phi(uv) = (\psi, e^{2\pi i(uA+vB)}\psi) = (\psi, e^{2\pi i u A} e^{2\pi i v B}\psi). \tag{1}$$

Les fonctions caractéristiques des lois relatives à A seul et B seul sont alors $\Phi(u, 0)$, $\Phi(0, v)$. Si maintenant A et B *sont tels que* $AB - BA = N$ *nombre*, des raisons de symétrie incitent à chercher de même une fonction $\Phi(uv)$ qui soit telle que $\Phi(u, 0)$, $\Phi(0, v)$ soient les fonctions caractéristiques de A et B, et les mêmes raisons incitent à prendre

$$\Phi(uv) = (\psi, e^{\pi i u A} e^{2\pi i v B} e^{\pi i u A}\psi) = (\psi, e^{\pi i v B} e^{2\pi i u A} e^{\pi i v B}\psi) = (\psi, e^{2\pi i(uA+vB)}\psi); \tag{2}$$

car, d'après les formules opérationnelles (²)

$$e^{\frac{A}{2}} e^{B} e^{\frac{A}{2}} = e^{\frac{B}{2}} e^{A} e^{\frac{B}{2}} = e^{A+B}, \tag{3}$$

elle ne dépend pas de l'ordre dans lequel on considère A *et* B. Nous ne cherchons pas ici à savoir si la *fonction caractéristique formelle* $\Phi(uv)$ a ou non un sens physique (³).

Dans le cas où $A = (-h/2\pi i)(\partial/\partial x)$, $B = x$,

$$\Phi(uv) = \int e^{\pi i v(2x-hu)} \psi^*(x)\, \psi(x - hu)\, dx. \tag{4}$$

(¹) E. Arnous, *Thèse*, Paris, 1946.

(²) Cf. Weyl, *Gruppentheorie und Quantenmechanik*, Leipzig, 1931.

(³) Cf. J. Bass, *Comptes rendus*, **221**, 1945, p. 489, et L. de Broglie, *id.*, **223**, 1946, p. 874.

Enfin, on voit aisément que

$$\rho(x) = \int e^{-2\pi i v x}\,\Phi(0, v)\,dv, \qquad P_r[p] = \int e^{-2\pi i u p}\,\Phi(u, 0)\,du,$$

$$\rho\, u_x = \frac{1}{2\pi i m}\int e^{-2\pi i v x}\,[\Phi'_u(u, v)]_{u=0}\,dv$$

(ρ et u_x, densité et vitesse du fluide de probabilité).

Exemple du champ nul. — Écrivons $\Phi_t(u, v)$ et $\psi_t(x)$ sous les formes :

$$\Phi_t(u, v) = (\psi_t,\, e^{B}\, e^{2A}\, e^{B}\psi_t), \qquad \psi_t(x) = e^{kA^2}\psi_0(x),$$

$$\left(P = \frac{-h}{2\pi i}\frac{\partial}{\partial x},\quad Q = x,\quad A = \pi i u P,\quad B = \pi i v Q, \qquad \text{d'où} \quad N = AB - BA = \pi^2 u v \frac{h}{2\pi i};\right.$$

$$\left. kA^2 = \frac{2\pi i}{h}\frac{P^2}{2m}t, \qquad \text{d'où} \quad k = -\frac{2\pi i}{h}\frac{t}{2m}\frac{1}{\pi^2 u^2};\quad 2kN = -\frac{t}{m}\frac{v}{u}\right).$$

Nous aurons

$$\Phi_t(u, v) = (\psi_0,\, e^{-kA^2}\, e^{B}\, e^{2A}\, e^{B}\, e^{kA^2}\psi_0);$$

appliquons la formule opérationnelle

$$(5) \qquad e^{B} f(A) = f(A - N)\, e^{B} \quad (^4),$$

il vient

$$\Phi_t(u, v) = (\psi_0\, e^{B}\, e^{2A(1-2kN)}\, e^{B}\psi_0),$$

$$(6) \qquad \Phi_t(u, v) = \left(\psi_0\, e^{\pi i v Q}\, e^{2\pi i\left(u + \frac{t}{m}v\right)P}\, e^{\pi i v Q}\psi_0\right).$$

Théorème. — *$\Phi_t(u, v)$ s'obtient à partir de $\Phi_0(u, v)$ en changeant u en $u + (t/m)v$.*

Le problème de Darwin. — Appliquons (4) à $\psi(x) = a\, e^{-(x^2/4\sigma^2) - (2\pi i/h)\, m w x}$

$$\Phi_v(u, v) = e^{-2\pi^2\sigma^2 v^2 - \frac{h^2}{8\sigma^2}u^2 + 2\pi i m w u},$$

$$\Phi_0(u, v) = e^{-\left(2\pi^2\sigma^2 + \frac{h^2}{8\sigma^2}\frac{t^2}{m^2}\right)v^2 - \frac{h^2}{4\sigma^2}\frac{t}{m}uv - \frac{h^2}{8\sigma^2}u^2 + 2\pi i w t v + 2\pi i m w u}.$$

Toutes les propriétés classiques du globule de Darwin (dispersion des vitesses constante, translation et étalement du globule) se lisent immédiatement sur cette formule si l'on y fait successivement $v = 0$, puis $u = 0$.

Ces raisonnements s'étendent sans modification à l'espace. Le cas du champ uniforme et celui de l'oscillateur harmonique peuvent se traiter d'une manière analogue.

---

(4) La formule $A f(B) - f(B) A = N \dfrac{df(B)}{dB}$ (cf. Dirac, Chap. II, § 12) se laisse aisément transformer en $e^{A} f(B)\, e^{-A} = f(B + N)$, d'où (5).

ASTROPHYSIQUE. — *L'effet Stark moléculaire et la moyenne de Rosseland.* Note (1) de M. **Evry Schatzman.**

La théorie statistique de l'élargissement des raies spectrales par effet Stark moléculaire ne peut s'appliquer qu'à l'atome d'hydrogène, car seul l'hydrogène présente un effet Stark linéaire, en raison de sa symétrie particulière.

Il est bien connu que dans les champs électriques intenses, les niveaux de l'atome d'hydrogène prennent une durée de vie très courte et se détruisent. Sous l'influence du champ moléculaire, les niveaux supérieurs peuvent, de la même façon, disparaître. En d'autres termes, au cours de la collision d'un atome d'hydrogène avec un proton, l'état stationnaire dans lequel se trouve cet atome peut se trouver détruit par le champ électrique du proton. Si l'on appelle $W(F)\,dF$ la loi de distribution statistique du champ moléculaire, n le nombre quantique principal, x le nombre quantique électrique, g_{nx} le poids de l'état stationnaire n, x, les nombres N_0 de protons et N_e d'électrons sont reliés au nombre total N_1 d'atomes d'hydrogène dans l'état neutre, par la relation

$$\frac{N_0 N_e}{N_1} = \frac{2(2\pi m_e k T)^{\frac{3}{2}}}{h^3} \frac{1}{\sum\limits_{nx} \int_0^{\infty} g_{nx} W(F)\, e^{\beta E_{nx}}\, dF}, \tag{1}$$

où E_{nx} est l'énergie du niveau n, x mesuré en prenant l'état fondamental comme origine. On suppose, en *première approximation*, le déplacement des niveaux petit.

L'expression (1) permet de calculer l'ionisation en fonction de la pression et de mettre en évidence l'ionisation de pression, par un choix convenable de $W(F)\,dF$.

Par ailleurs, avant même que les niveaux de l'atome d'hydrogène ne soient détruits par le champ moléculaire, leur élargissement devient comparable à leur distance, si bien que dans le spectre, la discontinuité de Balmer peut arriver à disparaître complètement (naines blanches).

La discussion de Inglis et Teller (2) donne le dernier niveau n qui devient invisible en se mêlant aux niveaux voisins, en fonction du nombre N_0 de protons par centimètre cube

$$m = \frac{[3,101]}{N_0^{\frac{2}{15}}}. \tag{2}$$

Il est alors possible de supposer que tout se passe en regard du spectre,

(1) Séance du 3 novembre 1947.

(2) *Ap. J.*, 90, 1939, p. 439.

comme si, en moyenne, tous les niveaux supérieurs à m étaient détruits, et l'énergie d'ionisation diminuée de E_m. A ce degrè de simplification, on peut donc considérer que dans un mélange d'ions, d'électrons et d'atomes neutres, où se trouvent présents N_o ions positifs par centimètre cube, la position des discontinuités de Lyman, Balmer, etc. est déplacée vers le rouge d'une quantité $h\Delta\nu = \Delta E = E_m$. La moyenne de Rosseland qui fait intervenir l'intégrale

$$\varphi(u) = \frac{15}{4\pi^4}\int_0^u \frac{u^7 e^{-u}}{(1-e^{-u})^2} \tag{3}$$

et le calcul de la somme

$$\sum_n \frac{1}{D_n}\{\varphi(u_{n-1}) - \varphi(u_n)\} \qquad \text{(notations d'Unsöld)}, \tag{4}$$

se trouve légèrement modifiée du fait que les quantités u_n se trouvent toutes diminuées de $u_m = \vartheta E_m (\vartheta = 1/kT)$. En fait le calcul numérique montre que même lorsque $\Delta\nu$ correspond à un déplacement de 200 Å de la discontinuité de Balmer vers le rouge, la somme (4) se trouve modifiée de façon tout à fait insensible. Il est donc possible, pour le calcul de *première approximation* d'une atmosphère stellaire utilisant la moyenne de Rosseland, de se servir des valeurs des tables usuelles pour l'hydrogène, tout au moins tant que l'on ne dépasse pas une densité $N_o = 10^{18}$.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur l'effet Volta.*

Note (1) de M. **Georgi Nadjakov**, présentée par M. Frédéric Joliot.

Dans cette Note nous voulons proposer une nouvelle méthode électrométrique pour mesurer l'effet Volta (la différence de potentiels de contact métal-métal et métal-électrolyte).

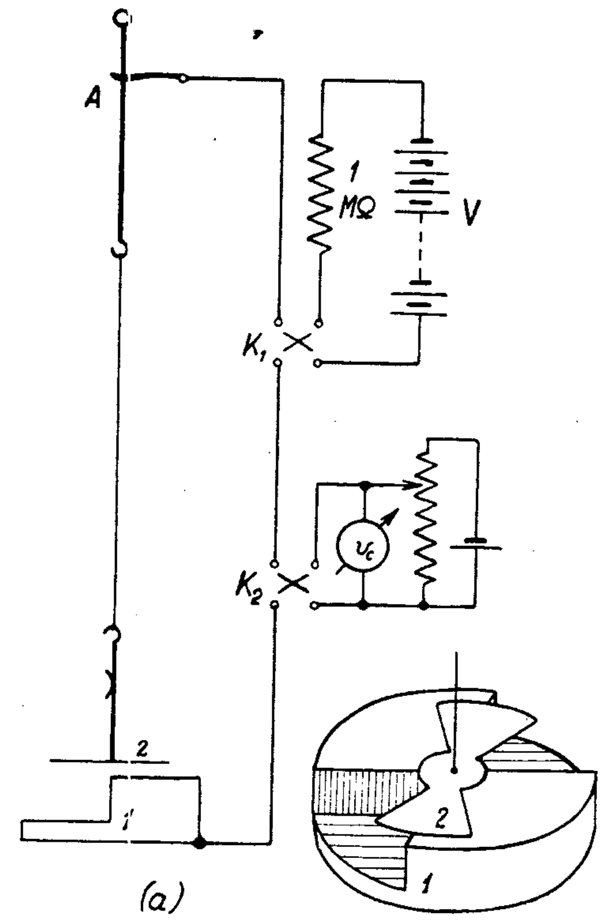
Comme on sait, pour les mesures de l'effet Volta on s'est surtout servi de la méthode classique de Kelvin. On a tenté d'utiliser également des méthodes électrométriques directes (Kelvin, Hallwachs, Majorana). Récemment on a modifié la méthode de Kelvin en amenant l'une des deux lames du condensateur en oscillations mécaniques et en réunissant l'autre avec un système de lampes électroniques (2). On a proposé en outre d'autres méthodes : thermoionique, photo-électrique, etc.

On voit sur le schéma *a* et *b* de la figure la méthode que nous proposons. Elle représente un système de torsion à quadrants asymétriques par rapport à la hauteur des deux paires de quadrants. La boîte des quadrants est faite d'un seul bloc cylindrique en

(1) Séance du 24 novembre 1947.

(2) W. A. Zismann, *Rev. Scient. Instr.*, 3, 1932, p. 367; S. Rosenfeld et W. H. Hoskins, *Rev. Sc. Instr.*, 16, 1945, p. 343; W. E. Meyerhof et P. H. Miller Jr., *Rev. Sc. Instr.*, 17, 1946, p. 15, etc. Pour les autres méthodes, voir *Handb. Exper. physik.*, 12, 1931, p. 305.

métal à $2^{cm},5$ de rayon, dont l'une des paires est creusée au moins 1^{cm} plus que l'autre. Le bloc de quadrants est mis dans l'enveloppe électrométrique sans aucun isolement, et, par conséquent, le potentiel des deux paires de quadrants est zéro.



(a) (b)

L'aiguille est faite en mica métallisé par évaporation d'un métal dans un vide le plus élevé possible. Complètement symétrique, elle est suspendue au-dessus des quadrants à une distance de 2 à 3^{mm}. Ses secteurs ont une ouverture de 90°. Le fil de suspension dans notre cas est un fil de platine d'environ 5^{cm}, 10^{μ}. Le système de la suspension sert encore à isoler l'aiguille et à lui transmettre le potentiel auxiliaire V d'une baterie par un conducteur glissant pour qu'on puisse tourner le sytème au cours de l'expérience.

En appliquant le potentiel V sur l'aiguille, celle-ci tourne du côté des quadrants élevés et le spot lumineux disparaît dans le même sens. On compense cette torsion électrostatique par une torsion mécanique du système de suspension dans le sens inverse jusqu'au retour du spot sur l'échelle, à une déviation quelconque α_1. On tourne vite le signe du potentiel au moyen du commutateur K_1. Le spot doit rester à la même déviation α_1, mais il reprend ordinairement une autre position α_2. La raison en est la différence des potentiels de contact v_{12} entre l'aiguille et le bloc des quadrants dont on ne change pas le signe par la commutation, et qui par conséquent augmente une fois la valeur absolue du potentiel auxiliaire et la seconde fois la diminue.

Par un potentiel v_c de compensation pris d'un accumulateur couplé par un potentiomètre dans le circuit, on peut compenser et par conséquent mesurer l'effet Volta : $v_{12} = -v_c$.

On peut ainsi étalonner les déviations de notre système par des valeurs différentes connues de v_c. La différence $\alpha_1 - \alpha_2$ des deux déviations avant et après la commutation est de l'ordre de quelques centaines de millimètres

par volt sur l'échelle, dans notre cas. Elle permet de mesurer avec une grande précision l'effet Volta entre l'aiguille et le bloc des quadrants, soit par la méthode de compensation, soit par la méthode de déviation. La différence $\alpha_1 - \alpha_2$ des deux déviations est proportionnelle au potentiel mesuré

$$\alpha_1 - \alpha_2 = k_1 . v,$$

où la constante k_1 dépend des constantes électrométriques et du potentiel auxiliaire V.

Si l'on recouvre l'aiguille et les quadrants d'une couche de métal inaltérable à l'atmosphère, par exemple d'or, dans les mêmes conditions, l'effet Volta est zéro. En changeant la surface soit de l'aiguille, soit de l'un ou des deux quadrants élevés (par exemple en appliquant sur eux des secteurs convenablement choisis), on obtient les valeurs respectives v_{12} de l'effet Volta.

Les avantages de cette méthode par rapport à la méthode classique sont :

1. Plus grande sensibilité parce qu'on mesure directement la différence de potentiel et non pas la quantité d'électricité induite.

2. Le système proposé n'exige aucune précaution pour l'isolement. Il ne contient que l'isolateur de la suspension, et nous voulons faire remarquer qu'on peut employer pour elle n'importe quel isolateur technique, aussi bien le verre et même le bois; l'isolement est nécessaire seulement pour que les pertes en courant ne changent pas la tension auxiliaire V.

3. En employant la méthode de déviation, on peut observer continuellement un changement éventuel de l'effet Volta.

4. La méthode est extrêmement simple à construire et applicable également à des mesures dans le vide.

La théorie de la méthode sera exposée dans une Note ultérieure.

SPECTROSCOPIE. — *Étude par spectrographie infrarouge de la fréquence de vibration caractéristique des cétones dans les cyclohexanones substituées en ortho.* Note de M. **Claude Cherrier**, présentée par M. Jean Cabannes.

Faisant suite à l'étude de la fonction cétone entreprise par spectrographie Raman, en vue d'étudier le déplacement de la raie $C = O$ dans différents types de cétones, nous avons déterminé les bandes d'absorption infrarouges de 25 cyclohexanones substituées en ortho. Lecomte ([1]) en avait étudié 4 mais n'avait pas publié de résultats numériques, donnant seulement un tableau indiquant la position des raies Raman et des bandes d'absorption. Certains spectres ont été déterminés entre 5 μ et 12 μ, d'autres comme les benzylcyclohexanones entre 5 μ et 7 μ afin d'y étudier uniquement la vibration de valence $\nu(C = O)$.

Les principales bandes d'absorption des cétones étudiées sont : (1) cyclo-

([1]) *Journ. de Phys.*, 6, 1945, p. 257.

hexanone : 5,86; 6,95; 7,47; 7,64; 7,95; 8,17; 8,95; 9,42; 9,83; 10,4; 11,02; 11,55; (2) orthométhylcyclohexanone : 5,88; 7,00; 7,35; 7,70; 8,25; (3) métaméthylcyclohexanone : 5,89; 6,97; 7,47; 7,74; 7,88; 8,19; (4) paraméthylcyclohexanone : 5,86; 6,98; 7,50; 8,00; 8,45; 8,95; 9,47; 10,05; 10,54; 11,10; (5) orthoéthylcyclohexanone : 5,86; 6,90; 7,27; 7,62; 8,18; 8,87; 9,47; 10,04; (6) orthopropylcyclohexanone ; 5,89; 6,35; 6,93; 7,33; 8,05; 8,85; 9,44; (7) orthoisopropylcyclohexanone : 5,82; 6,86; 7,25; 7,65; 8,30; 8,77; 9,50; 10,70; 11,18; (8) orthoallylcyclohexanone : 5,90; 6,10; 6,97; 7,40; 7,64; 7,95; 8,20; 8,45; 8,87; 9,38; 10,03; 10,50; 11,02; (9) orthodiéthylcyclohexanone; 5,89; 6,37; 6,90; 7,24; 7,63; 8,10; 8,93; 9,60; 10,77; 11,00; 11,85; (10) orthocyclohexylcyclohexanone : 5,86; 6,51; 6,89; 7,43; 7,67; 8,10; 8,87; 9,38; 9,75; 10,12; 11,25; 12,05; (11) orthocyclohexylidénecyclohexanone : 5,87; 6,18; 6,93; 7,43; 7,70; 8,35; 8,88; 9,34; 9,67; 10,80; 12,05; (il existe aussi aux environs de 6 une légère bande non pointable avec précision à cause de la courbe d'énergie du filament de Nernst) (12) α-benzylcyclohexanone : 5,89; 6,69; 6,92; 7,35; 7,63; 7,87; 8,00; 8,20; 8,50; 8,80; (13) α.α'-dibenzylcyclohexanone cis : 5,86; 6,15; 6,63; 6,85; 7,30; (14) α.α'-dibenzylcyclohexanone trans : 5,88; 6,26; 6,67; 6,88; 7,95; (15) α.α-dibenzylcyclohexanone : 5,87; 6,24; 6,90; 7,60; (16) α.α'-tribenzylcyclohexanone : 5,88; 6,10; 6,62; 6,83; (17) α.α'-tétrabenzylcyclohexanone : 5,94, 6,30; 6,75; 6,85; (18) α.α'-tétrapropylcyclohexanone : 5,93; 6,20; 6,46; (19) α.α'-tétraméthylcyclohexanone : 5,87; 6,86; 7,28; 7,77; 8,13; 8,30; 8,77; 9,40; 9,70; 10,13; 10,50; 11,55; (20) α.α'-tétrahexahydrobenzylcyclohexanone : 5,90; 6,07; 6,50; 6,88; (21) α.α'-diméthylclohexanone : 5,87; 6,87; 7,30; 7,63; 8,10; 8,93; 9,33; 10,27; 10,62; 11,75; (22) α.α-diméthylcyclohexanone : 5,88; 6,90; 7,26; 7,69; 8,00; 8,28; 8,80; 10,28; 11,00; 11,73; 12,30; (23) α.α'-diméthyldibenzylcyclohexanone $T_e = 237$: 5,93; 6,87; 7,28; 8,80; 9,30; 9,53; 10,90; 11,06; (24) α.α'-diméthyldibenzylcyclohexanone $T_f = 78$: 5,89; 6,68; 6,87; 7,28; 8,00; 8,90; 9,43; 9,88; 10,10; 10,23; (25) menthone : 5,83; 6,23; 6,85; 7,28; 7,50.

Reitz [2] a indiqué une correspondance entre les bandes d'absorption et les raies Raman de la cyclopentanone et les différents modes de vibrations de cette molécule. Lecomte [1] a étendu ces résultats aux cycles en C_6 en remarquant qu'en passant de la cyclopentanone à la cyclohexanone on retouve entre 8^{μ} et 14^{μ} sensiblement les mêmes bandes d'absorption, mais à des fréquences inférieures; comme les molécules sont de structure voisine, il semble, d'après Lecomte, qu'il soit permis de rapporter à des modes de vibrations analogues les bandes d'absorption et les raies Raman qui restent sensiblement dans la même région spectrale quand on passe de la cyclopentanone à la cyclohexanone avec, dans ce cas, un plus grand nombre de fréquences; on observe d'ailleurs une

(2) *Zeits. Phys. Chem.*, **35**, 1936, p. 363; **35**, 1936, p. 179; **38**, 1937, p. 381.

nouvelle suite de bandes. La vibration de valence $\nu(C=O)$ donne lieu à une bande d'absorption infrarouge intense correspondant à une raie Raman forte et polarisée. Nous admettrons avec Lecomte la possibilité de distinguer des vibrations propres du noyau et des vibrations de déformation des CH_2. Nous pouvons donc proposer les attributions suivantes avec les notations de Lecomte.

1°	La bande d'absorption correspondant	à la vibration	$\nu(C=O)$	vers	$5^{\mu},88$
2°	»	»	$\delta(CH_2)$	»	6,9
3°	»	»	$\delta(CH_2)$	»	7,3
4°	»	»	ω_4	»	7,4
5°	»	»	ω_2	»	8,10
6°	»	»	ω_5	»	8,8
7°	»	»	ω_3	»	9,4
8°	»	»	ω_1	»	10,4
9°	»	»	$\gamma(CH_2)$	»	11,85

PHYSIQUE CORPUSCULAIRE. — *Sur l'hypothèse des deux mésons et les mesures indirectes de la vie moyenne des mésons.* Note (1) de M. **Charles Peyrou**, présentée par M. Maurice de Broglie.

Il existe une divergence entre les mesures de la vie moyenne du méson (2) $\tau = 2,15\ 10^{-6}$ sec, de sa masse (3) $m \simeq 200 \times$ masse de l'électron, et le rapport $\tau/mc^2 = 3.10^{-14}$ sec/eV mesuré par comparaison de l'intensité de la composante pénétrante à différentes altitudes (4).

La découverte dans les émulsions photographiques (5) de deux types de mésons π et μ permet d'expliquer cette anomalie, si l'on admet que les mésons produits dans la haute atmosphère sont des mésons π. La décroissance de la composante pénétrante, en traversant l'atmosphère, est déterminée par la transition méson $\mu \rightarrow$ électron qui ne peut se produire qu'après la transition $\pi \rightarrow \mu$. La loi de décroissance ne sera donc pas la même, mais on peut montrer qu'elle est approximativement celle d'une particule à désintégration unique dont le τ/mc^2 serait plus grand que 2.10^{-14} sec/eV.

Soient τ_1 et m_1 la vie moyenne et la masse du méson π. Soit W_1 le produit de son impulsion par la vitesse de la lumière, la probabilité $F_1(p, W_1)$ de trouver un méson π ayant l'impulsion W_1 à une altitude où règne la pression p

(1) Séance du 17 novembre 1947.

(2) Nereson et Rossi, *Phys. Rev.*, **64**, 1943, p. 199.

(3) Neddermeyer et Anderson, *Phys. Rev.*, **64**, 1938, p. 18; Leprince-Ringuet, S Gorodetzky, E. Nageotte et R. Richard-Foy, *Comptes rendus*, **211**, 1940, p. 382; W. Fretter, *Phys. Rev.*, **20**, 1946, p. 625.

(4) Bernardini, *Zeits. für Phys.*, **120**, 1943, p. 413.

(5) Lattes, Occhalini et Powell, *Nature*, **453**, 1947, p. 4066.

est donnée par l'équation différentielle ([6])

$$(1) \qquad dF_1 = -\frac{m_1 c^2}{\tau_1}\frac{p_0}{c\delta}\frac{F_1\,dp}{p\,W_1},$$

p_0 pression atmosphérique normale, δ poids spécifique de l'air, c vitesse de la lumière.

Cette équation a comme solution

$$F_1 = \left[\frac{(E_1 - \alpha p)s}{(E_1 - \alpha s)p}\right]^{\frac{\lambda_1}{E_1}}, \qquad \lambda_1 = \frac{m_1 c^2}{\tau_1}\frac{p_0}{c\delta},$$

s pression dans la couche productrice de méson, E_1 est une constante définie par $E_1 - \alpha p = W_1$; E_1 est l'impulsion qu'aurait le méson au sommet de l'atmosphère (α énergie perdue par gramme d'air).

La probabilité F de trouver un méson μ d'impulsion W_2 sera donnée par

$$(2) \qquad dF_2 = \frac{-\lambda_2 F_2\,dp}{p\,W_2} + \frac{\lambda_1 F_1\,dp}{p\,W_1},$$

W_1 impulsion d'un méson π produisant un méson μ d'impulsion W_2.

On pose $E_1 = W_1 + \alpha p\, E_2 = W_2 + \alpha p$, l'équation (2) s'intègre facilement si l'on a $E_1 = E_2$, ce qui est une approximation si m_1/m_2 n'est pas très différent de 1. Ce calcul permettra de toute façon de se rendre compte de l'allure du phénomène dans le cas général.

L'intensité I de la composante pénétrante sera proportionnelle à

$$F_1 + F_2 = \frac{\lambda_1}{\lambda_2 - \lambda_1}\left[\frac{(E - \alpha p)s}{(E - \alpha s)p}\right]^{\frac{\lambda_2}{E}} - \frac{\lambda_2}{\lambda_2 - \lambda_1}\left[\frac{(E - \alpha p)s}{(E - \alpha s)p}\right]^{\frac{\lambda_1}{E}}$$

dans le cas d'un méson double et

$$F_3 = \left[\frac{(E - \alpha p)s}{(E - \alpha s)p}\right]^{\frac{\lambda_3}{E}}$$

dans le cas d'un méson simple (τ_3, m_3)

Une mesure de l'absorption anormale de l'air revient à mesurer le rapport

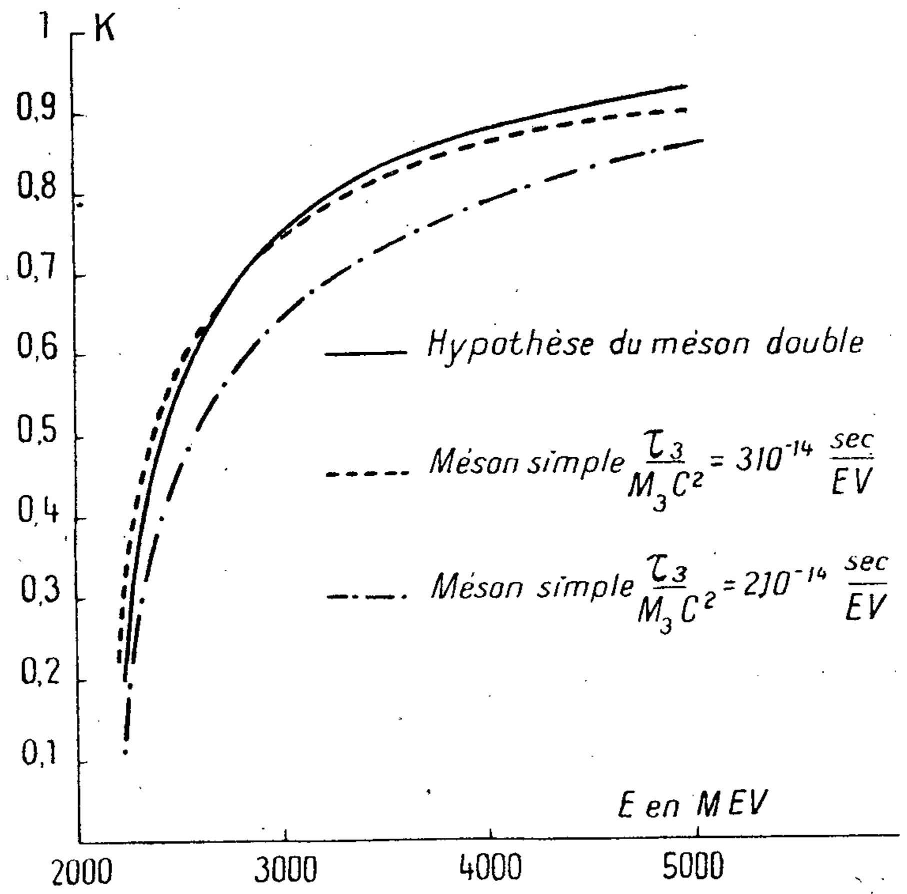
$$K = \frac{I(E, p)}{I(E, p')},$$

p et p' (pression à deux altitudes différentes). Il s'agit de trouver une valeur de $\tau_1/m_1 c^2$ telle que associée à $\tau_2/m_2 c^2 = 2.10^{-14}$ sec/eV fournissent pour K, calculé dans l'hypothèse du méson double, une valeur approximativement égale à celle du K calculé pour un méson simple : $\tau_3/m_3 c^2 = 3.10^{-14}$ sec/eV.

La figure montre que les courbes de K double (calculée pour $\tau_1/m_1 c^2$

([6]) COCCONI et TONGIORGI, *Phys. Rev.*, **70**, 1946, p. 625.

$= 1{,}5 \, . \, 10^{-14}$ sec/eV et K simple pour $\tau_3/m_3c^2 = 3 \, . \, 10^{-14}$ sec/eV) coïncident pratiquement $p = 1000$ g/cm², $p' = 640$ g/cm².



L'hypothèse du méson double permet donc d'interpréter l'anomalie si la vie moyenne du méson π est voisine de 1 à 2 microsecondes. On peut s'attendre à une diminution de la valeur apparente τ_3/m_3c^2 dans les mesures sur les mésons ayant eu un long parcours. Un tel résultat semble indiqué par les expériences de Cocconi et Tongiorgi. Au niveau de la mer, pour $W < 200$ MeV, les mésons π ne représentent que le 1/10 de la composante pénétrante quand on prend $\tau_1/m_1c^2 = 1{,}5 \, . \, 10^{-14}$.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Prévision générale des énergies et périodes de désintégration α des noyaux. Prévision d'embranchements α* pour AcK *et* ^{225}Ra. Note (1) de M. **Léopold Vigneron**, présentée par M. Frédéric Joliot.

A. Berthelot (2) a publié en 1942 un graphique portant les énergies totales de désintégration α en fonction du nombre Z des protons des noyaux (figure). N étant le nombre de neutrons, il constatait que les points figuratifs des noyaux de $N - Z = 47$, 48 ou 50 se plaçaient sur des courbes régulières et obtenait des amorces de courbes pour $N - Z = 44$, 45, 46, 49, 51, 52, 54. Il suggérait que les points figuratifs des noyaux de la famille, alors hypothétique, $A = 4n + 1$ viendraient se placer sur la courbe $N - Z = 49$.

Au lieu de porter les énergies en ordonnées, portons les logarithmes des périodes α : on obtient une figure analogue à la figure ci-après avec un réseau

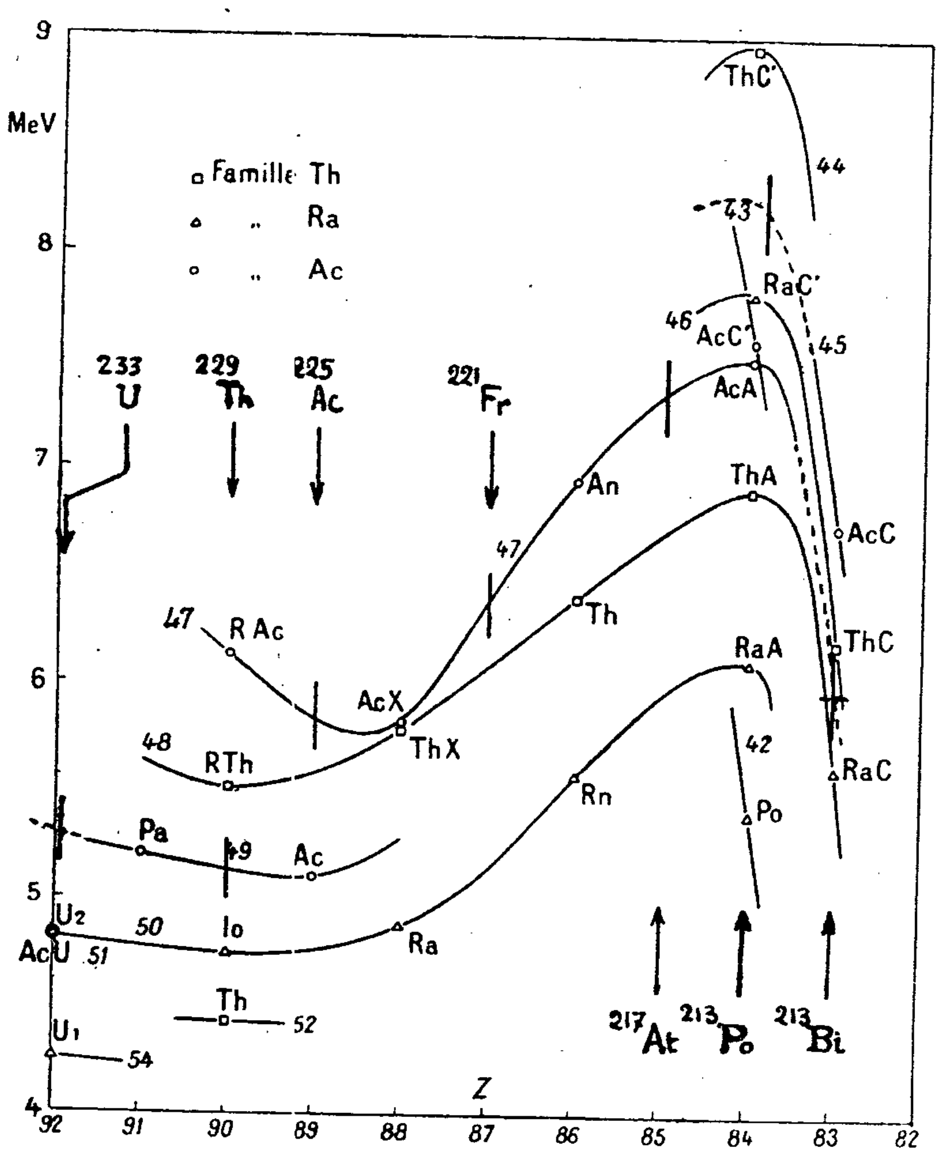
(1) Séance du 27 octobre 1947.

(2) *Journ. Phys.*, série VIII, 3, 1942, p. 17.

de courbes N — Z = const. Il est plus difficile de tracer une courbe régulière passant par les points figuratifs des noyaux déjà connus : il en résultera une indécision plus grande dans la prévision des périodes.

a. Prévision graphique des énergies et des périodes, comparaison avec l'expérience. — La figure est une reproduction photographique de la figure publiée en 1942 par A. Berthelot; nous avons seulement prolongé (en pointillé) les courbes 45, 47, 49 et porté les indicatifs de 7 noyaux de la série $A = 4n + 1$ récemment signalés (3), (4). La figure nous permet de « *prévoir* » immédiatement pour ces noyaux l'énergie de désintégration α; en soustrayant l'énergie de recul on passe à la valeur $E'\alpha$ « *prévue* » pour l'énergie des particules α.

Le graphique en $\text{Log}\,T\alpha$ permet de même d'obtenir la valeur $T'\alpha$ *prévue*



pour la période α. $E'\alpha$ et $T'\alpha$ sont confrontées ci-dessous avec les valeurs $E\alpha$ (3) et $T\alpha$ (3) de l'énergie et de la période maintenant connues par l'expérience pour ces 7 noyaux.

Noyau.....	^{233}U.	^{229}Th.	^{225}Ac.	^{221}Fr.	^{217}At.	^{213}Po.	^{213}Bi.
N—Z...........	49	49	47	47	47	45	47
$E'\alpha$ (prévue) MeV.	5,20	5,03	5,72	6,30	7,20	8,11	5,83
$E\alpha$ (expér.)......	4,825	∼ 5	5,801	6,31	7,023	8,336	5,86
Erreur (%)......	8	∼ 0	1,3	∼ 0	2,5	3	0,5
$T'\alpha$ (prévue).....	$3,5.10^4$ a	10^4 a	40 j	25 min	$3,5.10^{-2}$ s	8.10^{-6} s	11 h
$T\alpha$ (expér.).....	$1,63.10^5$ a	$\sim 10^4$ a	10 j	5 min	$2,1.10^{-2}$ s	$4,4.10^{-6}$ s	1,6 j
$T'\alpha/T\alpha$.........	0,2	1	4	5	1,6	1,8	0,3

(3) HAGEMANN, KATZIN, STUDIER, GHIORSO et SEABORG, *Phys. Rev.*, **72**, 1947, p. 252.

(4) ENGLISH, CRANSHAW, DEMERS, HARVEY, HINCKS, JELLEY et MAY, *Phys. Rev.*, **72**, 1947, p. 253.

Utilisant les seuls renseignements connus en 1942, nous avons donc prévu, *comme on aurait pu le faire à cette époque, avant toute expérience,* les énergies avec une erreur moyenne de 2,2 % et les périodes à un facteur 5 près.

Cette méthode nous semble excellente pour guider la recherche de radioactivités α de noyaux jusqu'ici inconnus ou de noyaux déjà signalés, mais où la radioactivité β prépondérante a jusqu'ici empêché de déceler la radioactivité α.

Dans ce qui suit, tous les émetteurs α connus en 1947 ont servi pour le tracé des graphiques : la précision des prévisions ne peut qu'être améliorée.

b. Prévision d'embranchements pour Ac K *et* ^{225}Ra. — 1° Ac K : $N - Z = 49$, nous prévoyons : $E'\alpha = 5{,}45 \pm 0{,}15$ MeV, $4\ \text{j} < T'\alpha < 36\ \text{j}$. On sait que $T\beta = 21\,m$, on prévoit donc $300 < \beta/\alpha < 2700$.

2° ^{219}At : $N - Z = 49$, noyau non encore signalé, serait le descendant de Ac K par la filiation α que nous avons envisagée. On prévoit :

$$E'\alpha = 6{,}20 \pm 0{,}15\ \text{MeV}, \qquad 15\ \text{s} < T'\alpha < 15\ \text{min}.$$

Aucune règle ne permettant une prévision valable des périodes β, il est impossible de prévoir le rapport d'embranchement β/α éventuel de ce noyau.

3° ^{225}Ra : $N-Z=49$, nous prévoyons $E'\alpha=5{,}2\pm0{,}15$ MeV; $10\,a < T'\alpha < 100\,a$. Comme $T\beta$ (³) est 14 j, nous prévoyons $300 < \beta/\alpha < 3000$. *Cet embranchement éventuel n'a pas encore été mis en évidence* [les auteurs canadiens (³) se bornent à annoncer que β/α est certainement supérieur à 100] : il semble qu'on pourrait reprendre des expériences plus précises avec quelque espoir de succès.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Mesure de la susceptibilité magnétique de l'acétate de vinyle au cours de sa polymérisation.* Note (¹) de M[lle] **Olga Tanaevsky**, présentée par M. Paul Pascal.

Comme l'avait fait M. Paul Pascal pour les polymétaphosphates, Farquharson a montré (²) que l'analyse magnétique peut être appliquée à la détermination du degré de polymérisation de certaines substances.

Nous avons, à notre tour, effectué des mesures magnétiques sur l'acétate de vinyle soigneusement purifié et recueilli sous vide dans des ampoules.

Pour effectuer la polymérisation, ces ampoules scellées furent soumises à l'action de l'ultraviolet pendant 30 minutes, ou une heure, une heure et demie et deux heures; après trois heures d'irradiation, l'acétate est complètement polymérisé.

La polymérisation est ainsi très rapide dans le vide; mais en présence d'oxygène, elle devient très lente et il faut près de 200 heures d'irradiation pour la compléter.

(¹) Séance du 17 novembre 1947.

(²) *Trans. Faraday Soc.*, **32**, 1936, p. 219.

La susceptibilité magnétique, calculée d'après la systématique de Pascal, est, pour l'acétate de vinyle monomère :

$$\chi_m \times 10^6 = 4\chi_C + 6\chi_H + 2\chi_O + \lambda_{C=C} + \lambda_{C_\alpha} = -46,2.$$

Or l'expérience donne pour ce monomère — 46,4.

Au cours de la polymérisation sous vide, on a observé les valeurs suivantes de la densité, de l'indice de réfraction et de la susceptibilité moléculaire rapportée à la forme monomère :

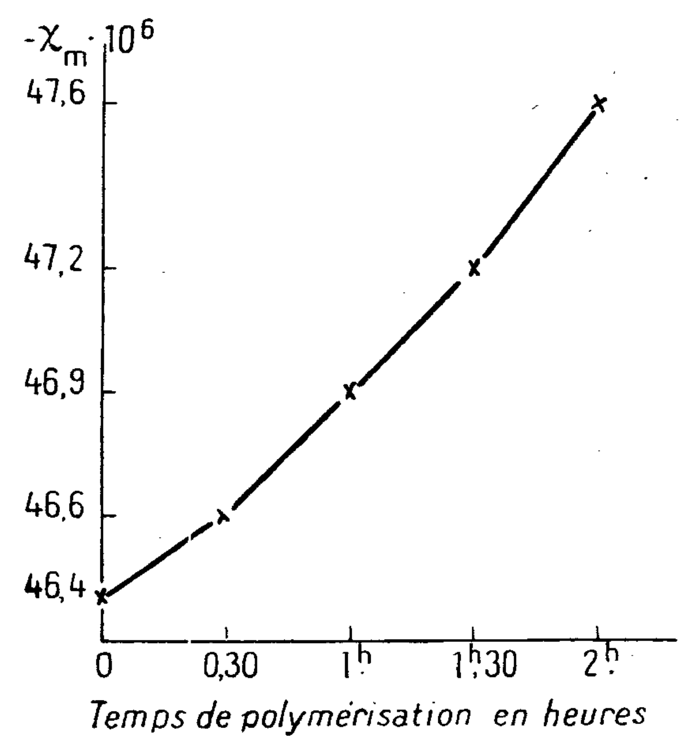
Temps.	Densités.	Indices.	Susceptibilités ($\chi.10^6$).
0	0,932	1,3950	46,4
0 h 30 mn	0,940	1,3955	46,6
1 h	0,945	1,3980	46,9
1 h 30 mn	0,960	1,4018	47,2
2 h	0,965	1,4020	47,6

En présence d'oxygène la variation est moins nette, mais de même sens, on trouve :

Temps.	Densités.	Susceptibilités ($\chi.10^6$).
0 h	0,932	46,4
10 h	0,934	46,2
20 h	0,935	46,8

Il y a peut-être une diminution de la susceptibilité à l'origine, qui serait due à une période d'induction.

Il a été fait des mesures sur l'acétate de vinyle complètement polymérisé sous vide (3 heures), mais ces mesures ne sont qu'approximatives, car des bulles



Polymérisation de l'acétate de vinyle sous vide.

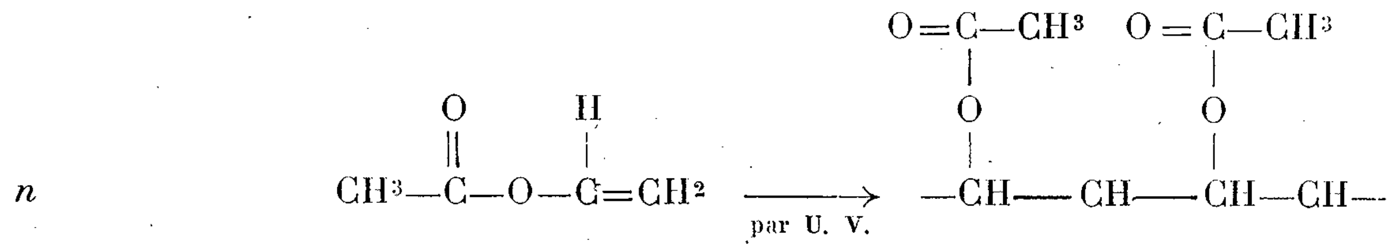
commencent à apparaître dans le produit; on a trouvé $10^6\chi_m = -52,1$, alors que, d'après la théorie de Farquharson, on aurait dû avoir $10^6\chi_m = -51,7$.

La courbe de variation de χ_m (figure) permet de calculer l'ordre de la

réaction, en appliquant la relation :

$$\nu = K_n(a-x)^n.$$

On trouve alors un ordre égal à 2. On sait, d'autre part, d'après les mesures de Pascal, que la transformation d'une double liaison en deux liaisons simples donne lieu à une augmentation de la susceptibilité magnétique. Ces mesures vérifient donc la théorie de Staudinger, qui suppose que la polymérisation de l'acétate de vinyle se forme suivant le schéma :



CHIMIE-PHYSIQUE. — *Origine de la charge des suspensions des minéraux phylliteux et sa relation avec la structure réticulaire superficielle de ces minéraux.* Note (1) de M. **Charles Kiefer**, présentée par M. Louis Hackspill.

La charge des micelles provient de deux phénomènes distincts : la dissociation et l'adsorption d'ions.

L'étude mathématique de ces phénomènes nous a conduit aux résultats suivants : la charge E dans le cas de l'adsorption polaire est de la forme $E = md^a$, m est une constante pour une suspension donnée, d représente la concentration en ions adsorbables dans la solution et a le coefficient d'adsorption. Dans le cas d'une dissociation, E prend la forme $E = l\sqrt[n+1]{k/c^n}$ du fait que l'électrolyte est faible. l est une constante analogue à m, k la constante de dissociation, c la concentration en matière dispersée et n le nombre de groupes ionisables (remplace la valence).

Le moyen le plus direct d'atteindre la charge est l'électrophorèse. Reportons les valeurs de E données ci-dessus dans la formule de la vitesse électrophorétique déduite de la théorie de Debye et Hückel par Audubert

$$V = \frac{EH}{6\pi\eta\alpha}\,\frac{1}{1+\alpha A\sqrt{\mu}}.$$

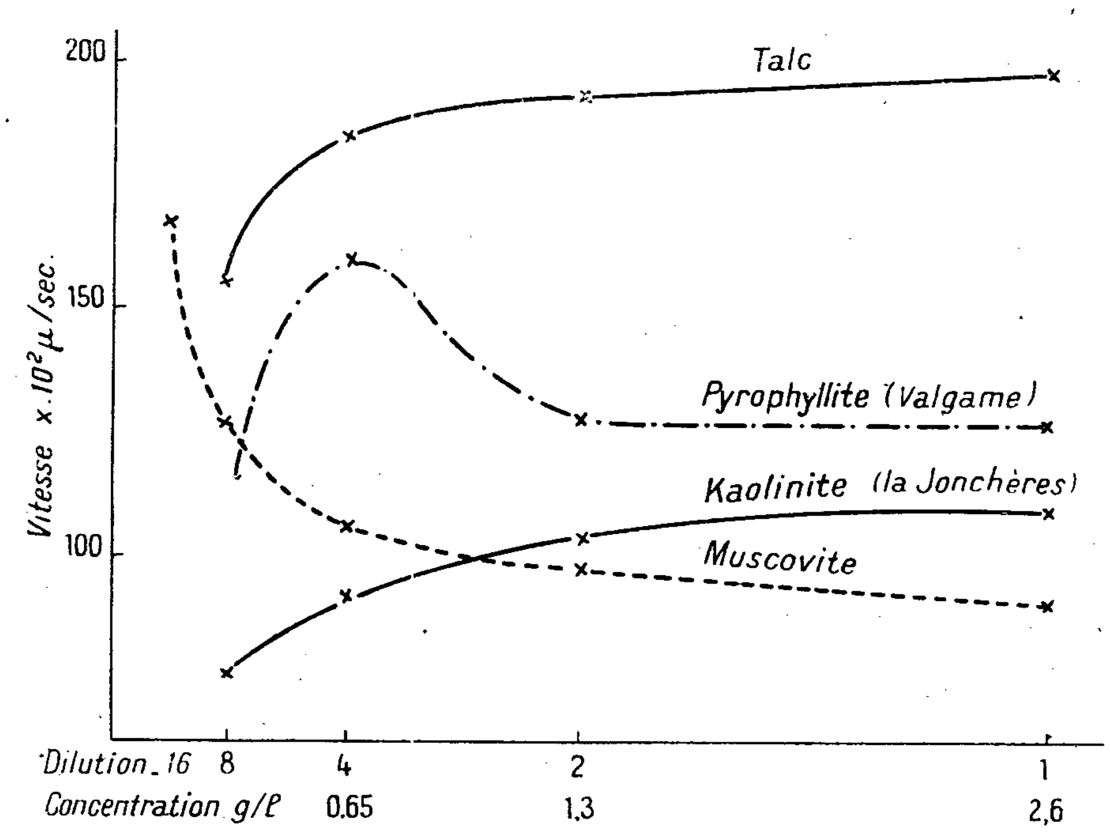
Suivant le processus de charge, les variations sont totalement opposées. Dans le cas d'une adsorption, la charge et la vitesse tendent vers zéro par dilution. Dans le cas d'une dissociation, au contraire, elles croissent avec la dilution.

L'électrophorèse de suspensions de minéraux phylliteux, à dilution croissante, nous a permis de résoudre divers problèmes : origine de la charge des

(1) Séance du 17 novembre 1947.

suspensions de kaolinite, par exemple. Les vitesses sont déterminées par la méthode de déplacement du ménisque sur des suspensions aqueuses de diamètre inférieur à 1μ et additionnées de divers électrolytes, $P_2O_7N_4$, Na(OH) à 155 *me* par 100g de matière.

La kaolinite voit sa vitesse décroître par dilution : sa charge provient d'une adsorption d'ions (OH^- notamment comme le confirmèrent des études ultérieures). La muscovite, au contraire, est dissociable (voir *fig.*). L'étude des



autres propriétés avec la dilution, pH, conductibilité et vitesse électrophorétique limite à temps d'électrolyse infini confirmèrent ces résultats.

Ces divergences dans l'origine de la charge sont liées aux structures des minéraux dispersés. La comparaison des structures cristallines montre que la kaolinite ne possède pas d'atomes superficiels moins liés les uns que les autres. Le mica, au contraire, possède des ions K^+ (plan 001) répartis entre 12 Si^{++++}, leurs liaisons sont faibles et donc faciles à rompre. Un minéral ne se dissociera que s'il possède dans sa structure des ions superficiels à liaison lâche. On vérifie par exemple que le talc a même structure que la phlogopite, sauf que les Si^{++++} des groupes SiO_4 du talc sont remplacés par des Al^{+++} et des K^+ en surface. L'expérience confirme la dissociation pour la phlogopite et l'adsorption pour le talc.

Des minéraux argileux, halloysites, montmorillonites, sépiolites, donnent tous des courbes caractéristiques de l'adsorption polaire. Une pyrophyllite de Valgame, à structure théoriquement identique à la muscovite, à la substitution près Si^{++++} par Al^{+++}, K^+ dans la muscovite, met en évidence les deux phénomènes superposés (voir *fig.*).

La branche ascendante provenant d'une dissociation indique une substitution partielle dans le réseau (du type Al^{+++} K^+ — Si^{++++} par exemple). La branche descendante caractérise l'adsorption.

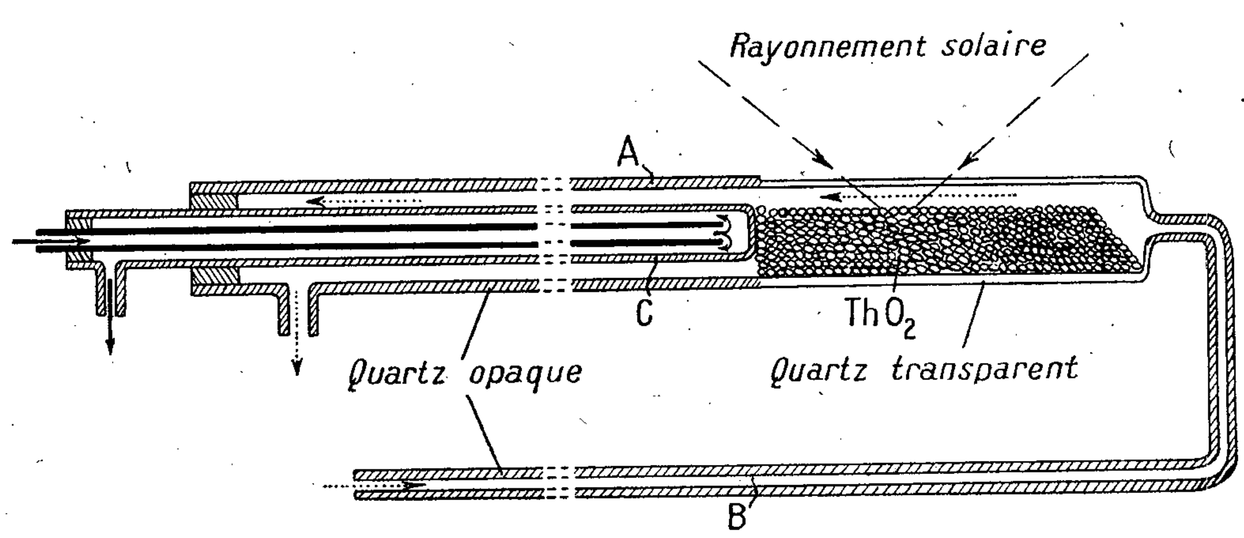
On voit tout l'intérêt de cette méthode de recherche : elle nous a permis de déterminer avec sûreté que la charge de micelles argileuses (kaolinite par exemple) provient d'une adsorption. La question n'avait pu être résolue jusqu'à présent et restait l'objet de controverses continuelles.

CHIMIE MINÉRALE. — *Synthèse de l'acide nitrique par concentration du rayonnement solaire*. Note [1] de MM. **Félix Trombe**, **Marc Foëx** et Mlle **Charlotte Henry la Blanchetais**, présentée par M. Paul Lebeau.

La préparation du bioxyde d'azote, NO, base de la fabrication de l'acide nitrique, se fait à haute température par union directe de ses constituants. Dans l'arc électrique, la proportion des gaz combinés atteint 0,8 à 2 % ; la dépense d'énergie, 1 kWh pour 50 à 80g d'acide nitrique, est élevée.

Nous nous sommes proposé d'utiliser, pour la formation du bioxyde d'azote, les très hautes températures susceptibles d'être obtenues par concentration du rayonnement solaire. Rappelons que l'installation de chauffage solaire de Meudon [2] permet, grâce à un miroir parabolique de 2m de diamètre, de concentrer, par beau temps, une énergie de l'ordre de 2, 5 kW sur une surface de 0cm²,6. Le rayonnement est renvoyé vers le bas, grâce à un miroir plan secondaire.

Le montage utilisé (*fig.*) comporte essentiellement un tube de silice A



de 15mm de diamètre intérieur, dont l'extrémité, transparente sur 6cm de long, contient de la thorine granulée, fortement calcinée au préalable. La thorine, placée au foyer, est portée, en certains points, à des températures de l'ordre de 2500° à 3000°C., par le rayonnement solaire, qui traverse la paroi de silice transparente A sans perte notable d'énergie [2].

---

(1) Séance du 17 novembre 1947.

(2) F. Trombe, M. Foëx et Ch. Henry la Blanchetais, *Comptes rendus*, 223, 1946, p. 317.

Les gaz arrivent par un tube de silice fin B, de 2^mm de diamètre intérieur, soudé à l'extrémité transparente de A; après passage sur la thorine, où s'effectue la réaction, ils sont brutalement refroidis au contact d'un tube de silice C (longueur 80^cm) à circulation d'eau et situé a l'intérieur du tube A. Cette disposition a pour but de limiter les réactions inverses en cours de refroidissement. A leur sortie, les gaz circulent dans une série de flacons laveurs, contenant une solution sulfurique de sulfate ferreux destinée à absorber le bioxyde d'azote formé; celui-ci, réduit par l'hydrogène naissant (alliage Dewarda + potasse), est dosé sous forme d'ammoniaque.

Les résultats moyens, obtenus au cours d'essais durant chacun de 10 à 30 minutes, et, effectués dans des conditions d'ensoleillement sensiblement identiques, sont représentés dans le tableau suivant :

Numéros des essais.	Distance entre le foyer et le réfrigérant (cm).	Composition du mélange gazeux initial (en vol).	Débit gazeux (lit/min).	Proportion moyenne de bioxyde d'azote NO (en vol) obtenu (%).	Quantité d'acide nitrique — NO_3H au m³ (g).	NO_3H par heure (g).
1.........	4	$N_2 + O_2$	1	0,55	16	0,92
2.........	2	»	»	0,7	20	1,18
3.........	»	»	0,25	0,55	16	0,23
4.........	»	$N_2 + 3O_2$	1	0,45	13	0,76
5.........	»	$4N_2 + O_2$ (air)	»	0,55	16	0,92

L'examen de ces résultats montre que :

1° *La proportion d'oxyde d'azote croît lorsque la distance entre le foyer et le tube réfrigérant diminue.* — L'importance de la vitesse de refroidissement limitant la dissociation de l'oxyde d'azote est ainsi mise en évidence.

2° *A débit égal et pour une même position du foyer, le rendement est maximum pour le mélange stœchiométrique* $N_2 + O_2$. — L'excès d'oxygène paraît plus nuisible que l'excès d'azote. L'utilisation directe de l'air simplifierait beaucoup la réalisation de montages à gros débits de gaz, qui seraient indispensables pour améliorer le rendement énergétique.

3° *La teneur en oxyde d'azote des gaz traités est comparable à celle que l'on obtient par les procédés à l'arc.* — Par contre, le rendement énergétique que nous représentons par la production horaire d'acide nitrique, est très inférieur. Notons néanmoins que, dans nos essais, la proportion d'oxyde d'azote est maximum pour le débit le plus grand que nous ayons pu réaliser avec notre appareillage (1 l/min). Il semble donc que l'on puisse augmenter considérablement, avec d'autres dispositifs, ce débit sans diminuer la teneur des gaz en oxyde d'azote.

En résumé, la synthèse du bioxyde d'azote et, par suite, celle de l'acide nitrique, peuvent être obtenues avec différents mélanges azote-oxygène et en particulier à partir de l'air, par la seule intervention de l'énergie solaire

concentrée sur un support convenable. Le rendement énergétique de l'opération, encore faible dans ces premiers essais, semble pouvoir être considérablement amélioré.

MÉTALLURGIE. — *Pulvérisation fine des cupro-plomb. Fabrication des coussinets minces*. Note (¹) de M. **René Delaplace**, présentée par M. Albert Portevin.

On sait que le cuivre pur et le plomb pur, miscibles à l'état liquide, ne le sont pratiquement plus lorsqu'on tend vers l'état solide, et que l'obtention d'une fine dispersion du plomb dans le cuivre nécessite des opérations délicates.

On peut constituer un tube de cuivre pur dont l'âme sera formée de plomb pur, et il sera facile de calculer le rapport du diamètre extérieur du tube à celui de l'âme de plomb, de telle façon que la teneur en plomb soit comprise entre 30 et 35 % du poids total du métal. Ce tube ainsi composé se tréfile aisément sur machine multiple, et le fil de 15/10 de millimètre que l'on obtient peut subir un recuit complet vers 250°.

Pulvérisation. — Au moyen d'un pistolet approprié, on pulvérise ce fil dans le dard d'un chalumeau oxy-acétylénique au moyen d'air comprimé (pression 4 à 5^{kg}) (sur un support métallique ou non) ou, mieux encore, dans l'eau d'un cristallisoir.

Le métal pulvérisé se résout alors en très fines gouttelettes souvent parfaitement rondes et lisses, parfois légèrement rugueuses et boursouflées et dont la taille varie entre quelques μ et 100 μ de diamètre. Le rendement de cette opération (par rapport au poids du fil) est pratiquement égal à 1, et 95 % de la poudre ainsi formée passe au tamis 200. Cette poudre est constituée de micro-billes de métal fondu à haute température, homogène quant à sa teneur en plomb par rapport au cuivre et très peu oxydée. Sa réduction dans l'hydrogène après un séchage soigné, indique une teneur moyenne en oxyde de 1 à 2 %. La réduction s'opère facilement à 290°, température inférieure à celle de la fusion du plomb, et laisse une poudre brune, rougeâtre, qui se résout, à la loupe binoculaire, en un amas de micro-billes à l'éclat bronzé.

Traitement thermique. — Si l'on examine un échantillon de métal pulvérisé sur un support souple, on s'aperçoit que le métal projeté est sec, fragile.

L'examen au microscope métallographique montre des grains agglomérés mécaniquement, entre lesquels, et dans lesquels, se trouvent incrustées des micro-billes. Les réactifs ne font pas apparaître de localisation particulière du plomb, et l'ensemble donne l'aspect d'un magna finement hétérogène. Cependant il suffit de traiter thermiquement ce pseudo-métal dans un four électrique classique, entre 750° et 800° en amosphère d'hydrogène, pour que celui-ci

(¹) Séance du 17 novembre 1947.

s'organise. Le plomb, qui fond le premier, prend mécaniquement et presque géométriquement sa place entre les granules de cuivre restants desquels il a exudé.

L'examen microscopique montre alors un métal organisé dans lequel les granules de cuivre se sont soudés et ont diffusé les uns dans les autres, et l'on a obtenu un métal malléable se travaillant bien.

Agglomération de la poudre. — La poudre obtenue par pulvérisation dans l'eau et réduite dans l'hydrogène, peut s'agglomérer par compression à la presse. Si l'on effectue celle-ci dans des coupelles préalablement sablées de cuivre rouge ou d'acier, on remarque que le traitement thermique à 800° en atmosphère réductrice amène un léger retrait du métal, retrait qui peut être supprimé par un taux de compression approprié. Par une compression de l'ordre de 1 tonne/cm², on obtient un métal homogène dans lequel la répartition du plomb est parfaite et dont le cuivre diffuse spontanément dans le métal de la coupelle. Cependant cette diffusion n'est pas aussi complète que l'on pourrait l'espérer, parce qu'un film ténu de plomb s'interpose souvent à la surface de contact cupro-plomb-support. Ce film, que l'on retrouve à l'examen microscopique sous forme de joint de grain extrêmement mince, peut s'éliminer par chauffage préférentiel du support en haute fréquence.

Coussinets minces. — On peut comprimer la poudre de cupro-plomb dans des coupelles plates constituées par une double épaisseur de toile métallique (bronze à 6 % d'étain, épaisseur de chaque toile 45/100 de millimètre, type tamis 100 ou 60). Les pastilles ainsi obtenues, traitées thermiquement comme il a été dit précédemment, deviennent alors des feuilles armées malléables de cupro-plomb.

L'examen métallographique d'une coupe montre d'abord une couche homogène de cupro-plomb avec sa répartition caractéristique du plomb. Cette couche, dont l'épaisseur peut varier à volonté ($0^{mm},5$ à 5^{mm} par exemple), est supportée par le double feuillet de toile métallique dans les mailles duquel s'est infiltré du cupro-plomb. La diffusion intermétallique a joué elle aussi en même temps que la diffusion mécanique conditionnée par la position relative et la taille des mailles. Le réseau de bronze à l'étain s'est enrichi en plomb et l'on a obtenu ainsi comme sous-couche du cupro-plomb un autre système anti-friction classique (le bronze à l'étain à 10 % ou 15 % de plomb). Ce coussinet mince peut se laminer, se découper, s'emboutir, la carcasse métallique lui permettant de suivre les déformations imposées mécaniquement.

Nous avons naturellement étudié d'autres combinaisons « métal »-plomb préparées selon la technique précédente.

Dans une prochaine Note nous examinerons les curieuses propriétés physico-chimiques des cupro-plomb pulvérisés.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'oxydation de la trioléine*. Note de M. **André Chevallier**, Mlle **Simone Manuel** et M. **Constant Burg**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Dans une Note précédente (1) nous avons montré que les graisses animales, très sensibles à l'action de la lumière, présentent des modifications importantes de leur absorption dans la région du court ultraviolet. Ces modifications concomitantes de l'absorption de l'oxygène par la graisse nous ont paru susceptibles de constituer une mesure sensible et précise de l'oxydation en utilisant l'accroissement de l'absorption du lipide à 2400 Å.

Nous avions observé que ces modifications spectrales ne s'observent pas sur la fraction insaponifiable des graisses.

En poursuivant nos recherches nous avons pu constater que ce sont les glycérides qui sont responsables du phénomène étudié.

Nous avons en effet retrouvé intégralement les modifications décrites en utilisant la trioléine purifiée par distillation.

Nous avons donc procédé à une étude plus complète de l'oxydation de ce glycéride et nous avons obtenu les résultats suivants :

I. *Influence de l'oxydation à l'obscurité*. — A. *A l'air libre*. Les étalements de trioléine sont disposés sur des verres de montre dans une grande étuve à l'abri de la lumière. Les mesures d'heure en heure montrent que le rapport de l'absorption à 2400 Å se modifie dès les premiers instants et augmente progressivement pour atteindre un maximum voisin de 6 au bout de 48 heures environ. Ce rapport diminue ensuite de plus en plus lentement pour s'établir à 2,5 au bout de 7 jours et à 2,3 au bout de 10 jours. Il paraît se maintenir à ce niveau pendant un temps prolongé.

B. *En atmosphère confinée*. Les étalements sont placés dans les mêmes conditions, mais au lieu d'être disposés sur des verres de montre, sont enfermés dans des flacons bouchés de petites dimensions (15^{cm^3}). Dans ce cas, les modifications spectrales décrites sont très faibles (1,25 pour 22 heures, 1,50 pour 70 heures). Vers le quatrième jour, l'accroissement de l'absorption devient net, se développe et le maximum est atteint le neuvième jour. La stabilisation est obtenue pour le rapport 2,5 vers le douzième jour.

L'action du confinement est variable suivant l'échantillon de trioléine utilisé. Le freinage des modifications spectrales est nettement atténué si la trioléine a déjà subi un début d'oxydation.

Si une aspiration d'air est effectuée dans le récipient, l'action du confinement n'apparaît plus et les modifications spectrales obtenues sont identiques à celles observées en atmosphère libre.

II. *Influence de l'oxydation à la lumière*. — Les étalements sont placés dans

(1) *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 1560.

un thermostat en verre qui reçoit le rayonnement soit de la lumière du jour, soit d'une lampe à vapeur de mercure.

Dans ces conditions, on assiste à un accroissement très rapide de l'absorption dans l'ultraviolet. Cet accroissement dépend de la quantité et de la qualité de la lumière reçue. On peut, en fonction d'un éclairement convenable, obtenir en quelques heures la valeur du rapport maximum (5,9-6). La chute et la stabilisation sont observées au bout d'un temps variable dépendant de l'éclairement.

III. *Relations avec la consommation d'oxygène mesurée au Warburg.* — *A l'obscurité.* — On se place dans les conditions décrites. On constate une absorption d'oxygène extrêmement faible, mais régulière. On peut l'évaluer à environ 4^{mm^3} d'O^2 par heure pour 100^{mg} de trioléine. La régularité de cette consommation a été observée jusqu'à la 70^e heure.

Dans cette limite, l'évolution de l'absorption dans l'ultraviolet et celle de la consommation d'oxygène sont rectilignes. Il est donc possible d'établir un rapport simple entre ces deux valeurs.

A la lumière. — Dans ce cas, la consommation d'oxygène atteint des valeurs considérables, elle est en relation étroite avec l'intensité et la qualité de la lumière reçue par la trioléine. Elle atteint facilement 15 à 20 fois la valeur mesurée à l'obscurité. Cette consommation d'oxygène se poursuit régulièrement pendant longtemps alors que l'évolution du rapport de l'absorption à 2400 Å est rapidement décroissante.

IV. *Expériences portant sur le glycérol et l'acide oléique.* — Des mesures faites séparément et dans les mêmes conditions sur du glycérol et de l'acide oléique n'ont pas montré les modifications spectrales décrites sur la trioléine.

En ce qui concerne la consommation d'oxygène mesurée au Warburg sur l'acide oléique, elle s'est avérée régulièrement positive à la lumière, mais nulle à l'obscurité.

V. *Interprétation.* — Diverses hypothèses peuvent être émises :

Les résultats obtenus à l'obscurité ou à l'air libre semblent montrer la formation d'un corps labile (A) d'un grand pouvoir absorbant dans le court ultraviolet. Ce corps (A) se transformerait en un autre moins absorbant (B) et l'équilibre serait obtenu au bout d'un temps déterminé, caractéristique du glycéride considéré.

Les résultats obtenus à l'obscurité et en atmosphère confinée sont en faveur de l'existence d'un produit qui, restant au contact du glycéride, freine son oxydation. Ce produit serait volatil, puisqu'un courant d'air supprime son intervention.

Les résultats observés à la lumière montrent l'intervention catalytique de celle-ci dans l'oxydation.

Ces divers mécanismes mis en jeu s'appliqueraient au glycéride, et non à ses constituants isolés : glycérol et acide gras.

GÉOPHYSIQUE. — *Sur le spectre des éclairs dans les régions violette et ultraviolette.* Note [1] de M. **Maurice Dufay**, présentée par M. Jean Cabannes.

Les spectres des éclairs ont été étudiés à plusieurs reprises au-dessus de 3800 Å [2], mais la région ultraviolette ne semble avoir été observée que par M. J. Dufay [3]. Avec un spectrographe à optique de quartz d'Arnulf [4], peu dispersif (310 Å par millimètre à 4000 Å, 110 Å par millimètre à 3000 Å), mais dont la définition est excellente, j'ai obtenu, à l'observatoire de Haute Provence, un spectre qui s'étend jusqu'à 2910 Å environ. Beaucoup de radiations nouvelles y ont été identifiées. Sur un fond continu intense, se détachent quelques raies brillantes et un nombre bien plus considérable de bandes d'émission.

Raies atomiques. — Les raies appartiennent à l'hydrogène et aux atomes d'azote neutres et ionisés.

H I. H_β est très forte, H_γ plus faible;

N I et O I, déjà bien caractérisés dans la région visible [2], sont représentés ici par les raies 4151,5 et 4110,0 Å d'une part, et 4368,3 et 3947,0 Å d'autre part.

Les raies de N II sont relativement faibles (la plus intense à 3995,0 Å) et, en particulier, il n'y a pas trace des raies ultraviolettes 3437,2, 3328,8 et 3006,7 Å, observées par J. Dufay [3].

Enfin quelques raies assez faibles peuvent être attribuées à O II.

Bandes moléculaires. — Le spectre de bandes devient tout à fait prépondérant au-dessous de 3900 Å.

N_2^+. Les bandes du 1er système négatif de la molécule d'azote ionisée sont les plus intenses et leur structure correspond à une température de rotation très élevée. Le tableau I donne la liste des bandes observées. On a écrit les longueurs d'onde des plus fortes en caractères gras; un astérisque signale celles qui avaient été précédemment caractérisées [3].

TABLEAU I.

v'. v''	0.	1.	2.	3.	4.	5.	6.
0	**3914***	**4278***	4709				
1	3582*	**3884**	**4237**	**4653***			
2	3308*	**3564**	**3858**	**4199**	**4600**		
3		**3300**	**3538***	3836	4173	4555	
4					3818		4516

(1) Séance du 24 novembre 1947.

(2) Voir M. Nicolet, *Ciel et Terre*, 59, 1943, nos 3-4, p. 1; H. Israël et K. Wurm, *Naturwissenschaften*, 29, 1941, p. 117.

(3) *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 1331; *Cahiers de Physique*, no 14, 1943, p. 64.

(4) *Annales d'Astrophysique*, 5, 1943, p. 21.

N_2. Le 2ᵉ système positif de la molécule neutre d'azote est aussi très développé, comme le montre le tableau II, où l'on a écrit entre parenthèses les longueurs d'onde des bandes superposées à celles du 1ᵉʳ système négatif.

TABLEAU II.

v'. v''......	0.	1.	2.	3.	4.	5.	6.
0............	**3371***	(3577)*	3805				
1............	**3159***	3339*	(3536)	**3755**	3998		
2............	2977*	**3136**	(3309)*		3710		
3............		2962		3285		3671	
4............			2951				3642

OH. Il faut sans doute attribuer à OH la bande 3068 Å, qui semble dégradée vers le rouge. Avec une faible dispersion, la bande 3064 de OH donne en effet son maximum principal à 3068 Å, au voisinage de l'arête de la branche R_1.

NH. La bande 3371 Å du 2ᵉ système positif de N_2 paraît renforcée par une radiation étrangère, de longueur d'onde plus courte (3362 Å). Il s'agit probablement de la forte bande 3360 Å de la molécule NH.

NO. On relève enfin quelques bonnes coïncidences entre des radiations faibles de l'éclair et des bandes des systèmes β et γ de NO, mais la superposition des bandes de l'azote ne permet pas de conclure avec certitude.

Limitation du spectre vers l'ultraviolet et absorption par l'ozone. — La limitation assez brusque du spectre vers l'ultraviolet résulte certainement de l'absorption par l'ozone. Entre 3250 et 3170 Å en effet, où il n'y a pas de fortes bandes d'émission, les enregistrements microphotométriques montrent les principaux maxima d'absorption de l'ozone (bandes de Huggins). D'autre part, des mesures photométriques m'ont permis de déterminer approximativement l'épaisseur d'ozone nécessaire pour rendre compte de l'affaiblissement du spectre continu au-dessous de 3060 Å, car l'étalonnage photométrique du cliché avait été réalisé par la méthode de Barbier [5], en couvrant la moitié de la hauteur de la fente du spectrographe avec une plaquette de quartz aluminisée de densité connue. Soient α_λ le coefficient d'absorption de l'ozone pour une certaine radiation, e l'*épaisseur réduite* d'ozone; l'intensité I_λ mesurée a pour expression

$$\log I_\lambda = \log I_0 - a_\lambda . e.$$

En négligeant les variations de l'intensité initiale I_0 dans l'intervalle 3020-3060 Å, $\log I_\lambda$ doit être fonction linéaire de a_λ. J'obtiens ainsi, avec une douzaine de points, une bonne droite de pente $e = 0^{cm},30$.

Cette épaisseur d'ozone est hors de proportion avec celle que contient normalement la basse atmosphère sur une distance de quelques kilomètres (1 à 3.10^{-4} cm/km). L'ozone responsable de l'absorption était donc produit par les décharges orageuses elles-mêmes.

---

(5) *Annales d'Astrophysique* (sous presse).

OCÉANOGRAPHIE PHYSIQUE. — *Observations de température et de salinité préparatoires à l'étude de la viscosité de l'eau de la Méditerranée au large de Monaco.* Note de M. et Mme **Robert Darmois**, présentée par M. Jean Cabannes.

Afin d'interpréter les mesures de viscosité que nous avons faites sur une série d'échantillons d'eau de mer, il était nécessaire de connaître la tempé-

Nº de la station	et date.	Position de la station.	Nº du prélèvement.	P.	*t.*	t_s.	Cl.	S.
09072	16 sept...	43° 39′ 19″ N	1	1000	13°,2	24°,0	21,474	38,79
		7 31 50 E	2	600	13,2	–	21,520	38,87
			3	200	13,5	–	21,313	38,50
			4	5	23,8	–	21,110	38,13
09073	17 » ...	43 44 07 N	5	25	23,2	24,0	20,961	37,86
		7 29 56 E						
09074	17 » ...	43 43 44 N	6	25	23,2	24,0	21,185	38,27
		7 29 11 E						
09075	17 » ...	43 43 18 N	7	25	22,9	24,0	21,224	38,34
		7 27 43 E						
09076	17 » ...	43 43 38 N	8	25	22,8	24,5	21,235	38,36
		7 27 12 E						
09077	17 » ...	43 43 13 N	9	25	20,9	25,0	21,174	38,25
		7 26 27 E						
09078	17 » ...	43 42 50 N	10	25	23,1	25,5	21,216	38,32
		7 25 49 E						
09079	17 » ...	43 42 42 N	11	25	23,0	25,0	21,030	37,99
		7 24 38 E						
09082	19 » ...	43 41 00 N	12	100	13,6	25,0	21,040	38,01
		7 24 38 E	13	5	23,9	25,0	21,044	38,02
09083	19 » ...	43 41 24 N	14	100	13,6	23,8	21,150	38,21
		7 25 54 E	15	5	23,8	23,8	21,216	38,32
09084	19 » ...	43 43 22 N	16	100	13,6	24,5	21,101	38,12
		7 28 26 E	17	5	23,8	24,5	21,199	38,30
09085	19 » ...	43 43 25 N	18	100	13,4	24,6	21,090	38,10
		7 30 06 E	19	5	23,8	24,6	21,185	38,27
09086	23 » ...	43 42 23 N	20	100	13,6	23,9	21,202	38,30
		7 27 05 E	21	60	15,2	–	21,110	38,13
			22	10	23,9	–	21,196	38,29
09087	23 » ...	43 41 22 N	23	400	13,5	23,8	21,524	38,88
		7 28 24 E	24	10	23,8	–	21,170	38,24
09088	23 » ...	43 43 38 N	25	100	13,5	23,9	21,200	38,30
		7 30 25 E	26	30	21,1	–	21,184	38,27
			27	2	23,9	–	21,225	38,34
09090	24 » ...	43 41 37 N	28	100	13,2	23,9	21,174	38,25
		7 21 50 E	29	40	18,0	–	21,120	38,15
			30	2	23,9	–	21,165	38,23
09091	24 » ...	43 40 10 N	31	75	13,8	23,8	21,109	38,13
		7 20 22 E	32	50	16,2	–	21,110	38,13
			33	1,5	23,8	–	21,185	38,27
09092	24 » ...	43 40 54 N	34	80	13,6	23,8	21,151	38,21
		7 21 34 E	35	50	17,0	–	21,042	38,01
			36	1,5	23,8	–	21,184	38,27

rature et la salinité de ces derniers. A bord de l'*Eider*, bateau de recherches que M. le Commandant Rouch, Directeur du Musée Océanographique de

Monaco, a bien voulu mettre à notre disposition, nous avons effectué, au cours de 18 stations, 36 prélèvements à des profondeurs comprises entre 1,5 et 1000^m.

On a utilisé une bouteille Richard à messager et un thermomètre à renversement, du type Negretti et Zambra, protégé contre la pression et gradué au 1/10 de degré, installé directement sur la bouteille. La correction du zéro de ce thermomètre s'est révélée inappréciable.

Les mesures de chloruration ont été effectuées par la méthode de Mohr, à l'aide d'une burette et d'une pipette de Knudsen. N'ayant pas d'eau normale de Copenhague, nous avons pris une eau de référence *moyenne* obtenue par mélange de fractions de plusieurs échantillons. On a d'abord déterminé par titrage la chloruration par litre de cette eau en la comparant à une solution de ClNa contenant 21^g de chlore par litre, et préparée en dissolvant dans de l'eau bidistillée du chlorure bien sec, préalablement purifié par précipitation micro-cristalline. Une mesure de densité de l'eau *moyenne*, à la température à laquelle ont été faites les opérations de dosage, nous a permis d'en déduire la chloruration par kilogramme. On évite ainsi l'emploi direct de la solution de ClNa comme eau normale, emploi qui serait incompatible avec l'usage des tables de Knudsen (1).

Le tableau qui précède donne, pour chaque prélèvement, la chloruration Cl et la salinité S calculées à l'aide des tables de Knudsen, ainsi que la température *in situ* t et la température de surface t_s. P désigne la profondeur en mètres.

L'examen de ce tableau montre que la diminution de t avec P, rapide jusqu'à une centaine de mètres, devient faible pour des profondeurs plus grandes. On observe la même température de 13°,5 pour des profondeurs de 200 et 400^m (n^{os} 3 et 23). Entre 400 et 600^m (n^{os} 23 et 2), t diminue à nouveau. On a à 1000^m la même valeur qu'à 600^m (n^{os} 1 et 2).

Quant à la salinité, elle diminue légèrement du voisinage de la surface jusqu'à 50 ou même 100^m. On note un maximum à 400^m (n° 23), puis une diminution pour les profondeurs supérieures (n^{os} 1 et 2). Près de la côte, la salinité est du même ordre qu'au large.

Bien que nos résultats soient trop peu nombreux pour vérifier les lois générales, d'ailleurs bien connues, reliant t et S à la profondeur, ils sont en accord avec les mesures de Richard, Oxner et Sirvent (2) et avec les observations du Commandant Rouch (3). Les particularités observées pour les mesures n^{os} 2, 3 et 23 correspondent probablement à l'existence de la couche plus chaude et plus salée signalée par Nielsen dans l'expédition du Thor.

---

(1) P. Freundler, *Bulletin de la Station océanographique de Salammbô*, n° 19, 1930.
(2) *Bulletin de l'Institut océanographique*, n° 426, 1923.
(3) *Bulletin de l'Institut océanographique*, n° 801, 1941.

PHYSIOLOGIE DES SÉDIMENTS MARINS. — *Données sur la consommation d'oxygène*, in vitro, *de quelques vases fluvio-marines*. Note (1) de M. **Claude Francis-Bœuf**, transmise par M. Charles Pérez.

H. B. Moore (2), C. E. Zobell et D. Q. Anderson (3), S. A. Waksman et M. Hotchkiss (4) et D. Q. Anderson (5) ont montré que si l'on conserve, à l'abri de l'air, un certain volume d'eau de mer, additionné de sédiment marin, celui-ci absorbe, plus ou moins rapidement, l'oxygène dissous dans l'eau de mer. Il s'agit, en réalité, d'une *consommation biochimique de l'oxygène*. Si, par un artifice, on peut éliminer la consommation chimique, l'évaluation de la seule consommation biologique reviendrait à mesurer la quantité de matière organique assimilable (oxydable) par les Bactéries.

J'ai tenté quelques expériences dans ce sens avec des vases provenant de l'estuaire de la Penzé (Finistère) (6). Les échantillons ont été recueillis (août 1947) en trois stations de la slikke et à trois niveaux :

Le tableau I donne les caractéristiques de ces sédiments, *in situ*.

Le tableau II donne la consommation d'oxygène, *in vitro*, exprimée en cm^3 par gramme de sédiment sec. Les détails de l'expérience et des calculs ne sauraient trouver place ici.

I. Cale Saint-Yves (près de l'embouchure)	Niveau A	0-2 cm
II. Viaduc du chemin de fer	» B	5-10 »
III. Village de Penzé (point extrême de pénétration de la marée)	» C	15-20 »

Les résultats obtenus permettent quelques premières constatations :

1° Les vases fluvio-marines consomment rapidement de l'oxygène dans les premières 24 heures, plus lentement ensuite.

2° La consommation, à l'obscurité complète, est tantôt plus élevée, tantôt plus faible que la consommation à la lumière du jour (intermittente).

3° L'addition de chloroforme (à saturation) n'empêche pas l'absorption de quantités relativement élevées d'oxygène. On doit rappeler à ce sujet que la teneur en nitrates-phosphates d'une eau de mer, stérilisée par le chlorure mercurique ou le chloroforme, subit, au cours de l'incubation, des variations (7) attribuées par certains auteurs à des activités enzymatiques (8). La consomma-

(1) Séance du 24 novembre 1947.

(2) *J. Mar. Biol. Assoc.*, **17**, 1931, p. 325.

(3) *Bull. Amer. Assoc. Petrol. Géol.*, **20**, 1936, p. 258.

(4) *J. Mar. Res.*, **1**, 1937, p. 101.

(5) *J. Mar. Res.*, **11**, 1940, p. 229.

(6) *Ann. Inst. Océanogr.*, **23**, 1947, p. 143.

(7) H. W. Harvey, *Chemistry and Biology of sea water* (*Cambridge Univ. Press*, 1945).

(8) E. Kreps, *Organic catalysts or enzymes in sea water* (*James Johnstone Mem.*, Liverpool, 1934, p. 193).

tion en oxygène de la série *c* (additionnée de chloroforme) ne représenterait donc pas la seule absorption chimique.

TABLEAU I.

		T°C.	Δ.	Teneur en eau (%).	Fraction < 50μ (%).	N (%).
I.	A.	23,5	2,465	140,1	72,2	0,341
	B.	18,6	2,285	76,3	84,2	0,266
	C.	18,1	2,170	48,8	54,7	0,210
II.	A.	24,2	3,425	80,6	32,3	0,148
	B.	20,0	2,005	53,5	48,7	0,190
	C.	19,0	1,900	60,6	45,1	0,155
III.	A.	25,8	1,945	205,6	91,7	0,369
	B.	20,1	1,460	126,6	57,5	0,252
	C.	18,8	1,000	91,5	82,5	0,234

Le Δ (abaissement du point de congélation) a été mesuré par M. A. Lindenberg.
Le Δ de l'eau de mer à Roscoff était, à cette époque, égal à 2,25.

TABLEAU II.

Centimètres cubes d'oxygène absorbés par gramme de sédiment sec.

		Série *a*.		Série *b*.		Série *c*.	
		24 heures.	120 heures.	24 heures.	120 heures.	24 heures.	120 heures.
I.	A.	0,631	1,139*	0,894	1,169*	0,219	0,380
	B.	0,285	0,513	0,251	0,437	0,088	0,254
	C.	0,185	0,318	0,105	0,260	0,134	0,214
II.	A.	0,344	0,485*	0,327	0,387*	0,472	0,216
	B.	0,257	0,267	0,173	0,480	0,097	0,186
	C.	0,134	0,209	0,108	0,234	0,093	0,237
III.	A.	0,219	0,476	0,197	0,580	0,183	0,261
	B.	0,526	0,752	0,256	0,434	0,322	0,444
	C.	0,447	0,600*	0,275	0,422	0,219	0,426

Pendant les 120 heures d'incubation, la température du Laboratoire s'est maintenue entre 18-20°C.; la série *a*, correspond à une exposition à la lumière du jour (sans soleil), la série *b* à l'obscurité complète; la série *c* est identique à la série *a*, mais l'eau était saturée de chloroforme.

* Consommation au bout de 96 heures seulement.

4° Il n'y a pas de liaison régulière (comparaison des tableaux I et II) entre le taux de consommation et la teneur en matière organique (azote), sauf en la *station I* où l'on observe, *ipso facto*, une diminution de la consommation avec la profondeur.

Ces résultats montrent cependant que les vases fluvio-marines, comme les vases marines, contiennent, sans doute possible, de la matière organique oxydable par les Bactéries. Mais, dans une interprétation plus approfondie, il faudrait tenir compte de la multiplication bactérienne au cours de l'incubation, multiplication qui reste encore à déterminer pour les vases considérées ici.

PHYSIQUE ATMOSPHÉRIQUE. — *Sur le champ électrique à l'intérieur et au voisinage des cumulus.* Note (1) de M. **Robert Lecolazet**, présentée par M. Charles Maurain.

Le mécanisme de l'électrisation des nuages orageux est extrêmement complexe et l'on n'en a qu'une idée encore peu précise à l'heure actuelle (2). On peut espérer en acquérir une vue plus claire par l'étude des cumulus de beau temps où les phénomènes mis en jeu sont relativement simples. Les différentes tentatives pour mettre en évidence l'effet de ces nuages sur le champ électrique au sol n'ont donné que des résultats fragmentaires et peu sûrs (3). Il m'a donc paru intéressant de mesurer le champ en atmosphère libre, à l'intérieur et au voisinage des cumulus. J'ai pu effectuer cet été, dans cette intention, une série de vols en planeur biplace au Centre de Beynes (S.-et-O.). L'appareil était remorqué jusqu'à une altitude convenable et ensuite largué. Les mesures étaient effectuées au cours du vol libre après avoir, par l'effet de nombreux et fins jets d'eau issus du bord de fuite des ailes, éliminé rapidement la charge électrique qui pouvait être acquise par le planeur au cours du remorquage. L'appareil de mesure comportait un électromètre à corde muni d'une prise de potentiel au radium. Cet organe était monté de la manière préconisée par G. Grenet pour que l'inertie électrique apparente du collecteur fût négligeable (4).

La figure traduit graphiquement les résultats d'un vol effectué le 30 juillet. Le temps (TMG) est porté en abscisse; la courbe inférieure donne la composante verticale du champ, la courbe supérieure l'altitude du planeur. On a schématisé également les cumulus rencontrés au cours du vol. Ils figurent très déformés en largeur, la vitesse du planeur étant de l'ordre de 55 km/h et l'appareil ayant effectué plusieurs circuits à l'intérieur ou sous les nuages (en particulier l'avant-dernier).

Deux faits se dégagent nettement du graphique :

1° L'augmentation rapide du champ en dessous de 1700 mètres, correspondant à l'entrée dans la couche brumeuse s'étendant depuis le sol jusqu'au niveau moyen des nuages (5).

---

(1) Séance du 24 novembre 1947.

(2) Cf. J. Bricard, *La Météorologie*, oct.-déc. 1946, p. 419.

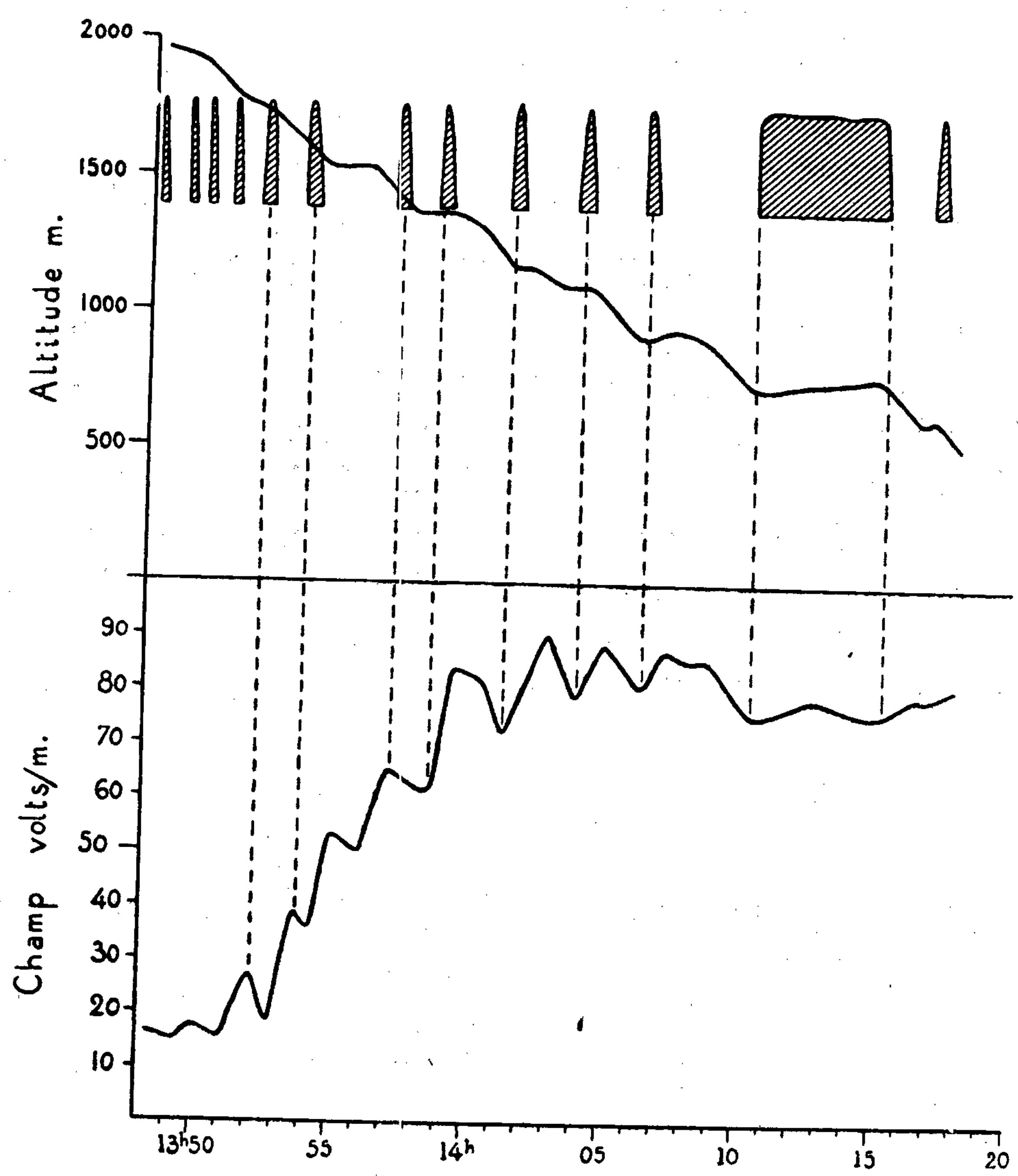
(3) R. Lecolazet, *La Météorologie*, oct.-déc. 1946, p. 429.

(4) G. Grenet, 67e Congrès des Soc. Sav., Paris, **29**, 1934, pp. 232-236; R. Lecolazet, *Comptes rendus*, **222**, 1946. pp. 331-332.

(5) Fait déjà mis en évidence par W. Mecklenburg et P. Lautner (*Zeitschr. für Physik*, **115** Bd, 1940, p. 557) et par W. Georgii (mémoire non publié).

2° *La corrélation étroite entre les variations du champ et le passage dans ou sous les cumulus :* le champ présente un maximum au sein du nuage et un minimum sous le nuage.

Ces deux faits se retrouvent constamment dans toutes les séries de mesures, au nombre de huit, que j'ai pu effectuer. On peut chercher à les expliquer, sans que cette interprétation soit exclusive, par les différences de conductibilité entre les trois milieux en présence : le nuage, peu conducteur d'après P. Pluvi-



nage (6); la couche brumeuse inférieure, de conductibilité moyenne et la couche supérieure, de forte conductibilité relative. Un premier calcul, très schématique, a montré que les ordres de grandeur étaient bien respectés. Il pourrait donc ne pas y avoir, au sein du cumulus, séparation des charges au sens où on l'entend habituellement, bien que le nuage soit effectivement polarisé.

---

(6) *Annales de Géophysique,* **2**, 1946, fasc. 1 et 2.

ANATOMIE COMPARÉE. — *Interprétation de la dentition jugale* (1) *des Marsupiaux*. Note (2) de Mlle **Madeleine Friant**, présentée par M. Émile Roubaud.

Au point de vue dentaire, les Marsupiaux possèdent typiquement, à chaque hémi-mâchoire : des incisives, une canine et des dents jugales. Fait remarquable, signalé pour la première fois par W. H. Flower, en 1867, une seule des dents jugales est remplacée, quand il y a remplacement dentaire, ce qui n'est pas une règle absolue. Comment interpréter la dentition jugale (1) des Marsupiaux? Bien des auteurs se sont attachés à l'étude de cette question. Je ne parlerai pas des théories aussi originales que divergentes de W. Leche et de Th. Dependorf, d'une part, de L. Bolk, d'autre part, ne faisant état, ici, que des faits morphologiques indiscutables. O. Thomas, en 1887, montra que les *Dasyuridæ* ont, originellement, comme les Euthériens, quatre prémolaires [dont trois au plus subsistent en général dans le groupe entier des Marsupiaux, bien que, chez eux, les molaires soient toujours (à quelques très rares exceptions près), plus nombreuses qne chez les Placentaires].

Mes recherches, au Muséum, ont porté principalement sur la dentition des *Phalangeridæ*, famille arboricole et phytophage. Le jeune *Phalanger* présente, à chaque hémi-mâchoire, de l'arrière vers l'avant :

cinq molaires quadricuspidées, dont la plus antérieure, seule soumise au remplacement, est une molaire temporaire, les autres étant des molaires définitives;

des dents sécantes, généralement au nombre de deux, qui, par leur forme, semblent être des prémolaires.

Chez l'adulte, la dent qui s'est substituée à la molaire temporaire unique, Mt4 est une prémolaire, P4, la dernière de la série (O. Thomas, 1887), sécante comme les deux antérieures.

Le remplacement d'une seule dent jugale et, plus précisément, de Mt4, n'est pas un fait absolument particulier aux Marsupiaux. On sait, aujourd'hui, qu'il s'observe au cours de l'évolution de certains *phyla* d'Euthériens, les *Elephantidæ* (*Elephas imperator* Leidy, du Pliocène d'Amérique du Nord, G. Pontier, 1933), parmi les Proboscidiens, et les *Spalacidæ* (*Rhizospalax poirrieri* Miller et Gidley de l'Oligocène de France, H. G. Stehlin, 1923), parmi les Rongeurs. Chez les Éléphants, cette disposition représente un stade de la régression progressive de la série prémolaire, série qui, encore bien déve-

(1) Le terme de *dentition jugale*, par opposition à celui de *dentition labiale*, désigne l'ensemble des molaires et des prémolaires. Je l'ai employé pour la première fois en 1933 (M. Friant, *Thèse de Doctorat ès Sciences*. Publications du Museum, no 1, p. 1).

(2) Séance du 24 novembre 1947.

loppée chez les Proboscidiens les plus anciens, disparaît peu à peu, au cours de la phylogénie, pour s'effacer totalement chez les Éléphants actuels. Il en est de même pour les *Spalacidæ* : le *Spalax*, Rongeur aujourd'hui répandu en Europe orientale, en Syrie et en Palestine, a perdu la prémolaire unique du *Rhizospalax* tertiaire ([3]).

En ce qui concerne les Marsupiaux, certains d'entre eux également, le *Phascolomys* et la *Dactylopsila*, par exemple, comme les Éléphants et le *Spalax* actuels, ne présentent plus de remplacement dentaire. Mais la dent qui a disparu, alors, est la molaire temporaire, Mt 4, dent de première dentition (*fig.* 1, en haut), et non la prémolaire, P 4, dent de deuxième dentition, comme chez les Euthériens précités (*fig.* 1, au milieu et en bas) ([4]).

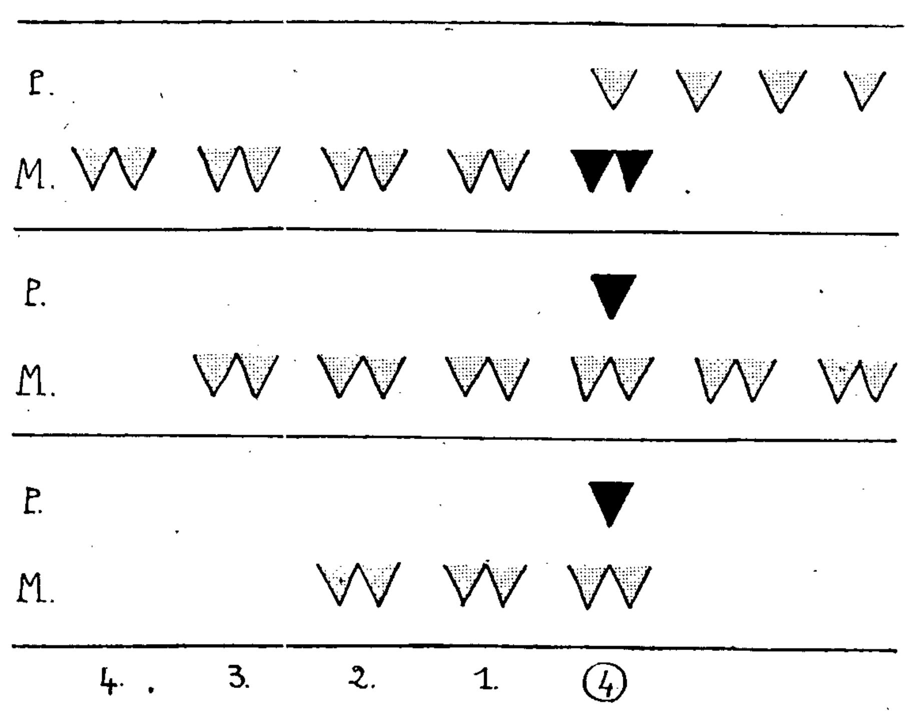


Schéma de la dentition jugale : *En haut*, d'un Marsupial relativement archaïque, d'après O. Thomas. *Au milieu*, de l'*Elephas imperator* Leidy (*Elephantidæ*, *Proboscidiens*), du Pliocène du Mexique, abstraction faite du mode très particulier d'éruption des dents jugales chez les Éléphants. *En bas*, du *Rhizospalax poirrieri* Miller et Gidley (*Spalacidæ*, *Rongeurs*), de l'Oligocène de France. L'avant est à droite. *En ordonnée :* P, prémolaires; M, molaires. *En abscisse :* 1, 2, 3, 4, molaires définitives; 4 cerclé, dernière molaire temporaire, Mt4, ou prémolaire qui la remplace, P4. *En noir* : Mt4 ou P4 (selon le cas) disparaissant chez les Marsupiaux, les *Elephantidæ* et les *Spalacidæ* plus évolués que ceux dont la dentition est, ici, figurée. J'admets, avec M. Weber (1928), que les vraies molaires de l'adulte ou molaires définitives appartiennent à la même série dentaire que les dents de lait ou temporaires, c'est-à-dire à la première.

Bien qu'il y ait une part d'hypothèse à dénommer prémolaires, avec O. Thomas, d'après leur forme uniquement, les dents jugales antérieures

([3]) Beaucoup de Rongeurs : le *Castor*, le *Dasyprocta*, sont comparables au *Rhizospalax* : chez eux, Mt 4 est remplacée; quelques autres, par contre, le *Carterodon* (M. Friant, 1936) et le *Thryonomys* (M. Friant, 1945), notamment, ressemblent au *Spalax*, sous ce rapport : chez eux, Mt 4 subsiste toute la vie.

([4]) Exceptionnellement, quelques Marsupiaux très évolués, comme le *Dasyurus* et le *Sarcophilus*, ne présentent plus trace, non seulement de Mt 4, mais aussi de P 4, sa dent de remplacement.

n'ayant pas de prédécesseur, il semble évident que la caractéristique dentaire fondamentale des Marsupiaux soit leur tendance à posséder, d'emblée, la *formule jugale de l'adulte* (prémolaires et molaires définitives). La présence des deux dernières molaires temporaires, chez des Marsupiaux du Santacruzien de Patagonie : le *Prothylacinus*, la *Borhyæna* (Ch. S. Tomes), et celle de la dernière molaire temporaire seulement, chez la très grande majorité des formes actuelles, sont les témoins de stades successifs de la régression de cette série molaire, régression qui, sans doute, a commencé très tôt, au cours des temps géologiques.

ENTOMOLOGIE BIOLOGIQUE. — *Développement sans diapause des chenilles de* Euproctis phæorrhæa *L. (Lep. Liparides)*. Note de M. **Pierre Grison**, présentée par M. Émile Roubaud.

Dans la nature, *E. phæorrhæa* évolue en une seule génération par an. Les chenilles, qui vivent en groupes et éclosent habituellement en juillet, tissent un nid dans lequel elles entrent au repos à partir du 2e ou 3e stade [1], vers la mi-septembre. L'espèce semble donc présenter une diapause obligatoire typique, affectant à un stade donné la totalité des individus de la génération.

Il est facile cependant de rompre cette diapause dans le courant de l'hiver, en plaçant les nids à température suffisamment élevée (25° à 30° C.) et surtout en humidité saturée (100 % H. R.). Ce dernier facteur semble être le plus efficient dans la rupture de la diapause chez cette espèce, puisque nous n'avons obtenu aucun résultat en plaçant les nids dans une atmosphère atteignant seulement 40 à 60 % d'humidité relative, à la même température.

Mais ces techniques habituelles de rupture de la diapause n'apportent aucune précision sur le déterminisme initial du phénomène, puisque les jeunes chenilles soumises, en septembre, aux mêmes conditions réactivantes, entrent cependant en diapause.

Utilisant le feuillage de Pommiers forcés en serre, pour nourrir des chenilles réactivées en fin février, par la méthode précédente, nous avons conduit la génération à son terme, en obtenant la chrysalidation vers le 20 mars, l'émergence des imagos en fin mars, début avril, la ponte du 8 au 16 avril et enfin l'éclosion des chenilles à partir du 29 avril.

Ces jeunes chenilles ont été alors nourries avee les jeunes pousses et les feuilles fraîches de Pommier prélevées dans la nature, mais en maintenant l'élevage en étuve à 25°C. et en atmosphère saturée (100 % H. R.). Nous avons constaté qu'au deuxième stade les chenilles n'ont pas tissé de nid et ont continué leur croissance normalement jusqu'à la nymphose, obtenue dès le 13 juin.

---

(1) P. Grison et M. Chevalier, *C. R. Ac. Agric.*, 32, 1946, p. 272.

L'expérience a été reprise à la fin de l'été, en offrant aux chenilles du cycle naturel normal les plus jeunes pousses qu'il était possible de trouver sur les pommiers à cette époque. Les qualités biochimiques de ces feuilles, bien que différentes de celles des pousses printanières, s'en rapprochent suffisamment puisqu'elles ont permis d'obtenir le développement continu de la plupart des chenilles mises en expérience. Au contraire, les chenilles nourries avec du feuillage très âgé, à la même époque, bien que placées dans les mêmes conditions (température 25°C., hygrométrie 90 à 100 %) ont arrêté leur croissance au début du troisième stade.

Ces résultats sont beaucoup plus significatifs que ceux qu'ont obtenu Steinberg et Kamensky avec le Lépidoptère *Loxostege sticticalis* [2]. En effet, ces auteurs établissent des différences de pourcentages de chenilles entrant en diapause suivant les conditions de la végétation et les qualités spécifiques de la plante nourricière, mais, par conditions de végétation, ils désignent les caractères bioclimatologiques saisonniers, indépendamment des particularités d'âge des plantes qui, chez *L. sticticalis*, ne joueraient pas de rôle décisif dans la production de la diapause.

En conclusion, une alimentation de feuilles jeunes de pommier, offerte aux chenilles dès leur éclosion, assure une croissance larvaire continue chez *E. phæorrhæa*.

Dans les conditions naturelles d'alimentation, certaines déficiences qualitatives ou quantitatives du feuillage, dues au vieillissement, provoquent vraisemblablement une *crise de croissance* traduite par l'entrée en diapause des chenilles de cette espèce.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Nouveau dispositif automatique pour la perfusion physiologique aseptique et prolongée des organes ou des organismes en survie, pesant plusieurs kilogrammes.* Note de M. **J. André Thomas**, présentée par M. Robert Courrier.

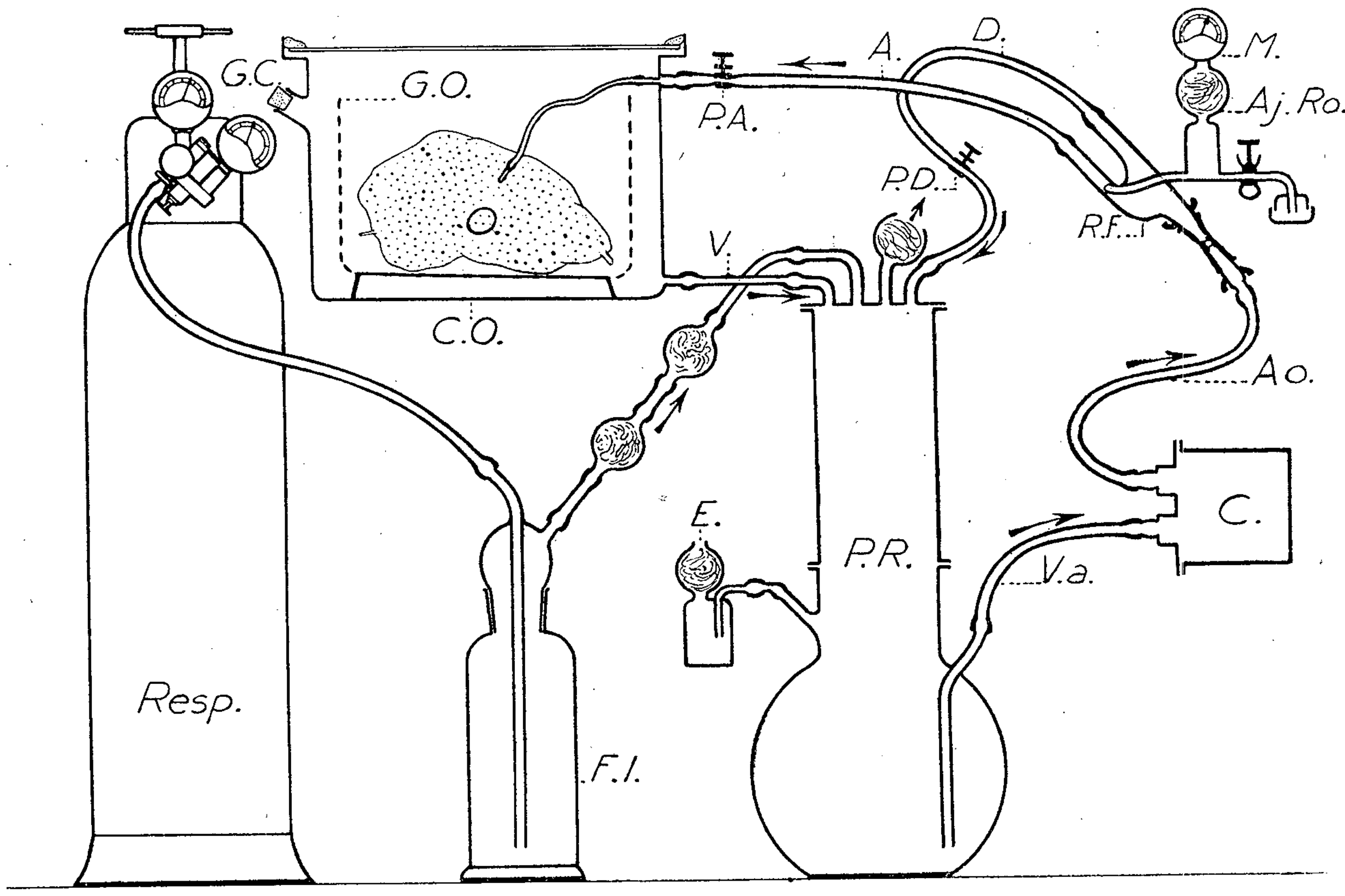
De nouveaux buts expérimentaux nous ont conduit à transformer complètement nos appareils pour la perfusion aseptique et prolongée des organes. Nous inspirant des principes que nous avons exposés antérieurement [1], nous avons mis au point un dispositif automatique, à fonctionnement indéfini et constant, qui assure la perfusion rythmique et aseptique d'organes ou d'organismes tels que des fœtus de grands mammifères, pesant plusieurs kilogrammes. Il est possible d'utiliser maintenant comme milieu général aseptique de perfusion,

---

(2) P. M. Steinberg et S. A. Kamensky, *Bull. Biol. Fr. Belg.*, **70**, 1936, p. 145.

(1) *Ann. physiol. et physiochim. biol.*, **14**, 1938, pp. 799-813; *ibid.*, **15**, 1939, pp. 432-414; *Comptes rendus*, **209**, 1939, pp. 1010-1013 (*Erratum*, **210**, 1940, p. 84); *C. R. Soc. Biol.*, **135**, 1941, pp. 637-641.

aussi bien pour les expériences de Cytologie expérimentale sur la survie que pour celles de Physiologie proprement dite, du sang ou du sérum convenablement oxygénés, sans qu'il y ait formation de mousse en quantité gênante. Tout l'ensemble est robuste, facile à monter et à régler sans initiation technique spéciale et conçu non seulement, ainsi que l'étaient nos premiers appareils, pour les recherches de laboratoire, mais éventuellement, aussi, pour des applications pratiques.



Les parties essentielles sont constituées par deux appareils métalliques faisant respectivement l'office de cœur et de poumon. Leur principe mécanique sera décrit ailleurs en détail; qu'il nous suffise, dans le cadre de cette Note, d'indiquer leurs caractéristiques principales.

Le cœur C est une pompe étanche aspirante et foulante, pourvue de deux soupapes servant de valvules. Un moteur électrique à vitesse constante et directement réglable (dispositif centrifuge accélérométrique, réducteur et condensateur) entraîne une came spécialement étudiée. Cette came, par l'intermédiaire d'un système de transmission variable, imprime à la pompe, selon les rapports physiologiques eux-mêmes, des mouvements de systole et de diastole, à la vitesse et à l'amplitude désirées (de 35 à 180 pulsations à la minute; de 0 à 50$^{cm^3}$ ou plus par ondée systolique). Il n'existe donc que deux boutons de réglage : celui des vitesses et celui de l'amplitude des pulsations.

Par le vaisseau adducteur Va, le cœur aspire le liquide nutritif du poumon-réservoir P-R. Celui-comprend, en un seul bloc, un poumon artificiel et un brise-mousse qui déversent le liquide nutritif oxygéné, débarrassé

de façon satisfaisante de mousse, dans un réservoir de capacité convenable (par exemple de 5 litres), muni d'un échappement E. Le mélange gazeux respiratoire Resp qui passe dans un flacon laveur Fl produit l'oxygénation dans le poumon : il est expiré au rythme même des pulsations du cœur. Quatre filtres à coton assurent la protection bactériologique du poumon et du réservoir. Le liquide est donc entièrement oxygéné avant de parvenir au cœur.

Il est lancé par le cœur dans l'aorte Ao. Il traverse le raccord-filtre RF pourvu de deux grilles métalliques filtrantes, amovibles, prévenant les embolies; il chemine ensuite selon deux voies: l'artère A et la dérivation aorte-poumon D, où passent les quelques bulles d'air pouvant subsister. Cette dérivation établit une circulation supplémentaire qui entretient l'oxygénation de la réserve de liquide. L'ajutage-robinet Aj-RO branché sur RF, permet, d'une part, d'utiliser un manomètre à cadran M, pour la lecture directe de la pression, à tout moment, et d'autre part, de prélever du liquide circulant. Les pinces à vis PD sur la dérivation et PA sur l'artère servent à établir une pression différentielle au maximum et au minimum désirés.

Une gouttière à organe GO, contenue dans une cuve à organe CO, toutes deux métalliques, constituent sans limitation de taille, le support et la protection de l'organe O. La cuve comprend une tétine artérielle, une tétine veineuse, un goulot GC pour l'introduction de substances, et un couvercle amovible, en verre, obturé à la paraffine. La circulation artérielle de l'organe est reliée à l'artère A. Le retour veineux, après la perfusion, est opéré par la veine V qui s'abouche au poumon.

La circulation peut être arrêtée net, sans reflux, et repartir d'emblée sans nouveau réglage. Le sang artériel est rutilant, le sang veineux foncé. Le pouls, que l'on prend à l'artère de caoutchouc, est comparable à celui d'un organisme vivant.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Influence du travail sur la teneur en lipides de l'organisme soumis à un jeûne prolongé*. Note [1] de MM. **Théophile Cahn** et **Jacques Houget**, transmise par M. Robert Courrier.

Au cours du jeûne prolongé, l'animal tire la plus grande partie de son énergie de la combustion des lipides; le jeûne constitue ainsi un moyen physiologique de choix pour étudier les modalités de l'utilisation des lipides par l'organisme. Pour préciser certains points, il nous a paru bon d'augmenter encore les dépenses d'énergie en faisant travailler intensivement un chien ayant jeûné longtemps. Nous avons déterminé avant et après le travail différentes formes de lipides sanguins, hépatiques et musculaires, et nous rapporterons seulement ici les valeurs des acides gras non phosphatidiques et celles des acides gras contenus

---

[1] Séance du 17 novembre 1947.

dans les phosphatides. Ces dernières valeurs sont calculées en appliquant pour le foie et le muscle un rapport expérimental de 1,7 d'acides gras pour 1 de phosphore et pour le sang un rapport de 1,5 d'acides gras pour 1 de phosphore, rapport d'ailleurs plus aléatoire que le premier.

	Foie.		Muscles.		Sang.	
	Avant.	Après.	Avant.	Après.	Avant.	Après.
Chien n° **1**, jeûne de 25 jours : perte de poids, 29 %.						
ac. gras non phosphat.......	570	1130	60	57	58	87
ac. gras des phosphatides....	2400	2590	860	795	173	170
Chien n° **2**, jeûne de 30 jours : perte de poids, 31 %.						
ac. gras non phosphat.......	40	28	575	350	55	61
ac. gras des phosphatides....	2260	2640	700	715	188	169
Moyenne de chiens normaux.						
ac. gras non phosphat.......	630		965		82	
ac. gras des phosphatides....	2450		875		202	

Il est extrêmement frappant de constater que, malgré la diminution considérable des réserves grasses des animaux (perte en poids de 29 et 31 %), les teneurs en phospholipides du foie et du muscle se maintiennent à des valeurs très proches de celles qui sont trouvées chez des chiens normaux. Ce fait, qui est connu depuis les travaux classiques de Mayer, Schæffer et Terroine (2) sur les constantes cellulaires, illustre bien le rôle prépondérant du foie et des phospholipides dans l'utilisation des graisses. On note toutefois des différences individuelles qu'il est intéressant d'examiner de plus près (3).

Chez le premier chien les acides gras non phosphatidiques du muscle (essentiellement glycérides et esters de cholestérol) sont tombés à une valeur extrêmement faible, montrant que les réserves lipidiques musculaires ont été mobilisées complètement; le foie, au contraire, conserve une valeur normale des acides gras non phosphatidiques. Ces faits s'éclairent à la lumière de la théorie que nous avons exposée antérieurement (4) d'après laquelle les acides gras de réserve sont amenés au foie sous forme d'esters de cholestérol et là incorporés en partie dans les phospholipides, le reste étant stocké dans le tissu hépatique sous forme de glycérides. Le cas du premier chien montre que l'apport d'acides gras au foie au cours du jeûne a été suffisant puisqu'il

(2) A. Mayer et G. Schæffer, *J. de physiol. et path. gén.*, **16**, 1914, p. 203; E. F. Terroine, *id.*, **16**, 1914, p. 408.

(3) Un fait analogue a été trouvé en ce qui concerne la répartition des glucides (voir Th. Cahn et J. Houget, *Comptes rendus*, **225**, 1947, p. 1033.

(4) Th. Cahn et J. Houget, *Comptes rendus*, **201**, 1935, p. 166; *Ann. de physiol. phys.-chim.*, **14**, 1938, p. 734.

reste encore des glycérides hépatiques et que le taux des phospholipides hépatiques est normal, ce qui est peut-être à l'origine du maintien des phospholipides musculaires à leur niveau habituel. L'image inverse nous est fournie par le second exemple cité dans le tableau. On y voit en effet que les acides gras non phosphatidiques du muscle sont encore très abondants : la mobilisation a donc été moins intense que dans l'exemple précédent et l'apport des réserves au foie a été très réduit, ce qui explique l'absence presque complète des glycérides hépatiques ainsi que la diminution des phospholipides du foie; on peut voir dans la faible teneur des phospholipides musculaires la conséquence de cet ensemble de facteurs.

Le travail musculaire intense que l'on fait effectuer à ces animaux confirme tous les points. On voit s'accroître la mobilisation des graisses, soit à partir du muscle s'il possède encore des glycérides (chien n° 2), soit à partir d'autres territoires. La réserve des acides gras non phosphatidiques du foie augmente en conséquence, et la synthèse des phospholipides [5] se fait à une cadence accrue que révèle l'augmentation de leur concentration. Si la synthèse hépatique est importante (chien n° 2), on voit les phospholipides musculaires se maintenir au cours du travail; si la synthèse est moins importante (chien n° 1), on voit le taux des phospholipides musculaires diminuer au cours du travail.

Nous avons reproduit dans le tableau les valeurs des acides gras du sang pour montrer qu'on ne peut rien déduire des seules valeurs de la lipémie, même lorsque le transport et le remaniement des lipides présentent des variations importantes; on doit penser que cette fixité relative de la composition du sang est due à un mécanisme de régulation d'une grande autonomie.

Le jeûne prolongé ne compromet point la mobilisation des lipides déclenchée par le travail, ni l'accélération de la synthèse concomitante des phosphatides hépatiques. L'importance plus ou moins grande des glycérides hépatiques est la résultante entre l'apport des acides gras et leur incorporation dans les phosphatides. L'association du jeûne et du travail met en évidence l'utilisation des acides gras par le muscle.

CHIMIE ALIMENTAIRE. — *Étude comparée du métabolisme azoté, en fonction de l'absorption de viande, de Soja, de levures alimentaires.* Note [1] de MM. **Roger Crosnier, Pierre Girard** et M^lle **Germaine Kerny**, présentée par M. Léon Binet.

L'expérimentation réalisée sur 4 sujets a comporté trois étapes successives : viande, Soja, levures alimentaires (levures de mélasse).

---

[5] Cette synthèse des phosphatides peut nécessiter un apport au foie de composés phosphoriques dont on trouve la preuve dans l'augmentation du phosphore total du foie et du sang (Th. Cahn et J. Houget, *Ann. de physiol. physicochim.*, 9, 1933, p. 427).

[1] Séance du 24 novembre 1947.

Chaque série d'observations a porté sur 4 semaines.

Le régime standard (²) (4 jours par semaine), commun aux trois périodes, comportait :

Protides, 81g,51; glucides, 371g,17; lipides, 43g,33.

Les régimes d'épreuve satisfaisaient au principe iso-protidique (3 jours par semaine). Avec :

A (³). Viande hachée (100g) : (protides, 77g,92; protides viande, 20g,5; glucides, 374g,8; lipides, 43g,05).

B (⁴). Farine de Soja (50g) : (protides, 76g,92; protides Soja, 19g,5; glucides, 387g,3; lipides, 43g,35).

C (⁵). Levures (52g) (aérolevures) : (protides, 77g,54; prot-levures, 20g,02; glucides, 374g,8; lipides, 43g,61).

Les résultats obtenus (16 déterminations pour chaque série) sont les suivants :

1° L'optimum d'assimilation de l'azote est obtenu, par ordre dégressif, d'abord avec le Soja, ensuite avec les levures, enfin avec la viande. Le coefficient d'assimilation a été déterminé par la différence entre l'azote ingéré et l'azote excrété (azote urinaire et azote fécal).

2° Il y a apparemment un écart objectif entre l'assimilation azotée, Soja et levures, d'une part, et l'assimilation azotée, viande, d'autre part.

L'écart est négligeable entre la valeur d'absorption, Soja, et la valeur d'absorption, levures.

3° La moyenne générale des résultats montre un bilan azoté positif faible avec le Soja (+0,11), un bilan négatif minime avec les levures (—0,26), un bilan négatif plus notable avec la viande (— 2,67).

4° L'enregistrement des chiffres comparés de l'azote urinaire et de l'azote fécal éliminés tend à prouver qu'avec le Soja et les levures le rapport d'excrétion urines/selles est sensiblement analogue (4,7-4,8); avec la viande, l'écart est un peu plus sensible (5,4).

En définitive, les différences ou dissemblances relevées concernant le métabolisme azoté sont dans l'ensemble fort peu importantes. En transposant sur le plan pratique les données recueillies au cours de cette expérimentation, on aboutit à la formule suivante :

La valeur respective de la viande, du Soja, des levures dans une ration alimentaire par ailleurs équilibrée est physiologiquement comparable. Leur

---

(²) Pain, 500g; viande, 100g; sucre, 17g; graisse, 30g; pommes de terre, 300g; pâtes, 40g; légumes secs, 25g; confiture, 15g; sel, 10g; légumes frais, 400g.

(³) Régime standard ainsi modifié, pommes de terre, 400g; suppression des légumes secs.

(⁴) Régime standard ainsi modifié, pommes de terre, 400g; suppression des légumes secs. Soja, 50g au lieu de viande.

(⁵) Régime standard ainsi modifié, pommes de terre, 400g; suppression des légumes secs; levures, 52g + supplément de graisses, 10g au lieu de viande.

Tableau des moyennes.

Régimes.	N_2 ingéré (g).	N_2 éliminé (g).	Bilan. (g).	Déterminations (état numérique des gains et pertes azotés).	
A. Avec viande ([6])......	41,743	44,413	−2,670	Rétention.	3
				Déficit....	13
					16
B. » levures ([7])......	41,101	41,368	−0,267	Rétention.	9
				Déficit....	7
					16
C. » Soja ([8])........	40,640	40,526	+0,114	Rétention.	6
				Déficit....	10
					16

équivalence pondérale, exprimée en pourcentage de protides utilisables, équivaut à une similitude qualitative.

Il apparaît donc possible de remplacer, en cas de nécessité, ou de carence de ravitaillement, la viande par de la farine de Soja ou des aérolevures, suivant le barême quantitatif ci-après :

100^g de viande net $= 50^g$ de farine de Soja $= (52^g$ de levures $+ 10^g$ de graisses).

Les chiffres indiqués peuvent varier sans doute dans de légères proportions, étant donné la composition variable des divers échantillons de levure ou de Soja utilisés. Ils représentent toutefois un ordre de grandeur qu'on doit considérer comme un substratum ou une mesure de base.

SÉROLOGIE. — *Anticorps et protéines, leurs liaisons dans les sérums antimicrobiens*. Note ([1]) de MM. **Jean Basset** et **René Paille**, présentée par M. Léon Binet.

En 1920, M. Piettre ([2]) établit que les produits obtenus des sérums par la *méthode aux sels* : englobuline, pseudoglobuline albumine, sont tous constitués par des mélanges protéiniques; en employant sa *méthode à l'acétone aux basses températures* il isole, à *l'état pur*, trois protéines sériques : albumine, globuline, *myxoprotéine*. Il montre ensuite que les deux premières surtout de ces protéines

([6]) Viande hachée.

([7]), ([8]) Soja, levure : potages aux repas de midi et du soir, après cuisson de 20 minutes, dégradation moléculaire maximum, en vue d'une assimilation optimum.

([1]) Séance du 24 novembre 1947.

([2]) *Biochimie des Protéines*, 1937.

entretiennent, avec les anticorps, d'étroites liaisons. Dans les sérums antitoxiques, l'anticorps immunisant, l'antitoxine, accompagne en presque totalité (80 %) la sérum-albumine (Piettre, 1923-1924). L'anticorps floculant, la précipitine, accompagne l'*euglobuline* (Ramon, 1922-1923), laquelle est surtout composée de sérum-globuline (Piettre).

Il convenait de rechercher si, dans les *immunsérums bactériens*, les anticorps possédaient les mêmes liaisons que dans les sérums antitoxiques. Nous avons choisi le sérum antirouget ([3]), car les chevaux d'où on l'obtient, lorsqu'ils furent convenablement hyperimmunisés par injections intraveineuses ou intramusculaires de cultures vivantes et virulentes, donnent un produit de haute qualité assurant des résultats expérimentaux précis. Animal d'expérience : le Pigeon adulte. Les protéines, séparées par M. Piettre, nous parvenaient séchées sous vide à basse température. Une cinquantaine d'animaux durent être employés en deux fois car, dans la première série, les doses de protéines, trop fortes, protégeaient tous les animaux, empêchant ainsi la discrimination.

Témoins renseignant sur le *pouvoir pathogène de la culture.* — Avec 1/100 de centimètre cube, 4 pigeons : trois meurent en 60 à 65 heures, un en trois jours. Avec 1/8 de centimètre cube, 3 pigeons, deux meurent en 60 heures, un en trois jours et demi. Avec 1/4 de centimètre cube, un pigeon qui meurt en 45 heures.

Témoins renseignant sur la *qualité préventive du sérum.* — La culture, à la dose uniforme de 1/4 de centimètre cube (soit 50 doses mortelles), est inoculée 24 heures après le sérum. Avec 1/2 centimètre cube de sérum, 3 pigeons; avec 1/4 de centimètre cube, 6 pigeons; avec 1/8 de centimètre cube, 5 pigeons. Tous résistent parfaitement.

Albumine dissoute en eau physiologique au volume correspondant de sérum. *Pouvoir immunisant. — Premier essai,* 3 pigeons reçoivent chacun 1/2 centimètre cube d'albumine; trois autres, 1$^{cm^3}$; quatre autres, 3$^{cm^3}$. Éprouvés 24 heures après, avec 1/4 de centimètre cube de culture : tous résistent. *Deuxième essai,* avec 1/4 de centimètre cube seulement d'albumine, épreuve comme ci-dessus : 3 sur 4 résistent; l'autre succombe, mais tardivement : 8 jours.

Ces résultats prouvent que le pouvoir immunisant de la sérum-albumine ne le cède guère à celui du sérum total; on peut le chiffrer à environ 60 ou 70 %.

Globuline sodique (pH 7) dissoute en eau salée au volume correspondant de sérum. *Pouvoir immunisant. Premier essai.* 5 pigeons reçoivent 4$^{cm^3}$ de globuline; éprouvés avec 1/8 de centimètre cube de culture : tous résistent. *Deuxième essai,* 2 pigeons reçoivent 1/2 centimètre cube de globuline; 2 autres, 1$^{cm^3}$; 2 autres, 2$^{cm^3}$. Éprouvés comme précédemment ils se comportent ainsi : premier lot, 1 (sur 2) meurt en 6 jours; deuxième lot, 2 (sur 2) meurent tardivement (en 8 à 9 jours); troisième lot, 1 (sur 2) meurt en 3 jours et demi.

([3]) J. Basset, *Quelques maladies infectieuses*, 1946, pp. 322-389.

Renseignés par une étude expérimentale qui s'étendit sur plus d'un millier d'oiseaux, nous croyons pouvoir, des résultats bruts, éliminer deux pigeons : celui qui, avec 1/2 centimètre cube seulement de globuline résista, comme possédant sans doute une résistance naturelle particulière, et celui qui, malgré 2^{cm^3} de globuline, succomba (de même que certains témoins) en 3 jours, comme appartenant aux sujets qui s'immunisent mal, même passivement. D'autre part, avec 1^{cm^3} les pigeons succombèrent, mais tardivement : 8 à 9 jours, preuve que cette dose est capable de conférer un degré très notable de résistance. La dose minima protectrice paraît se situer ainsi entre 1 et 2^{cm^3}. Le sérum protégeant les individus à la dose de 1/8 de centimètre cube seulement, une dose plus de dix fois supérieure de globuline, serait donc nécessaire pour obtenir ce résultat.

Conclusions. — *L'anticorps immunisant* est lié aux deux principales protéines, mais dans des proportions très différentes. Par rapport au sérum entier, l'albumine supporte au moins 60 % du pouvoir préventif; la globuline, 10 % tout au plus. Dans les *sérums antimicrobiens* (le sérum antirouget du moins), l'anticorps immunisant, concernant ses liaisons protéiniques, se comporte sensiblement comme dans les sérums antitoxiques.

Pouvoir agglutinant. — Nos recherches montrent que l'*anticorps agglutinant* est lié, tout entier, à l'albumine; la globuline en est totalement dépourvue. C'est exactement le contraire de ce qu'on observe avec les sérums antitoxiques. Et si l'albumine, dans les premières heures, agglutine moins vite que le sérum total, elle finit par agglutiner sensiblement au même taux; il atteignait, ici, 1 p. 2000 après 12 heures.

Le fait que l'anticorps immunisant et l'anticorps agglutinant sont liés surtout à la même protéine, n'autorise pas à conclure que les sérums antimicrobiens peuvent être titrés *in vitro* par l'agglutination. Sans parler des multiples exemples qui s'inscrivent là contre, avec notre sérum antirouget nous venons de constater que la globuline, inactive quant à l'agglutination, porte cependant une proportion d'anticorps immunisants qui n'est pas négligeable, preuve que ces anticorps n'ont rien de commun dans leur action (1).

A 15^h l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à $16^h 45^m$.

A. Lx.

---

(1) Dans les sérums antitoxiques, nous l'avons rappelé, anticorps immunisant et anticorps floculant sont liés à des protéines différentes. Les techniques de titrage *in vitro* des sérums frais (ou des toxines correspondantes) basées sur la réaction de floculation (M. Nicolle, 1919; G. Ramon, 1922-1923) sont donc des *méthodes indirectes*, et qui peuvent n'avoir pas la précision, ne pas donner la sécurité du titrage *in vivo* par neutralisation.

ERRATA.

(Séance du 22 septembre 1947.)

Note de M. *Gaston Grenet*, Un électromètre à lampes destiné aux mesures d'électricité atmosphérique :

Page 586, 4e ligne, *au lieu de* d'électricité n'est pas très grande, *lire* d'électricité atmosphérique n'est pas très grande.

(Séance du 20 octobre 1947.)

Note de MM. *Max Geloso* et *Pierre Deschamps*, Étude des sels basiques insolubles et calcul des produits de solubilité :

Page 744, ligne 1, *au lieu de* $1 - a_T(x + 1/x)$, *lire* $1 - a_T\left(\frac{x+1}{x}\right)$;

» ligne 3, *au lieu de* $(x + 1/x)$, *lire* $\frac{x+1}{x}$.

(Séance du 10 novembre 1947.)

Note de M. *Dimitri Riabouchinsky*, Commentaires sur la similitude mécanique et l'analyse dimensionnelle :

Page 838, ligne 20, *au lieu de* (a, b), *lire* $f(a, b)$ et, *au lieu de* $\frac{\partial^n f}{\partial a^{n-1} \partial b^i}$, *lire* $\frac{\partial^n f}{\partial a^{n-i} \partial b^i}$.

Note de M. *Roger Heim*, Remarques sur la Note de M. Marcel Locquin :

Page 895, ligne 24, *au lieu de* Symcollybia, *lire* Sympodia.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus pendant les séances de novembre 1947.

Alimentation et Agriculture. Bulletin européen de la F. A. O., no 1. Rome, Bureau temporaire en Europe de l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, 1947; 1 fasc. 27cm.

Office central de faunistique. *Faune de France. 47. Hyménoptères tenthredoïdes,* par Lucien Berland. Paris, Paul Lechevalier, 1947; 1 vol. 25cm,5 (présenté par M. L. Fage).

La sombre route, par Roger Heim. Paris, Librairie José Corti, 1947; 1 vol. 19cm.

Encyclopédie biologique. XXVIII. *Les caféiers du globe,* par Auguste Chevalier. Fascicule III. *Systématique des caféiers et faux-caféiers. Maladies et insectes nuisibles.* Paris, Paul Lechevalier, 1947; 1 vol. 25cm.

Que sais-je? La cellule photoélectrique, par Jean Terrien. Paris, Presses Universitaires de France, 1947; 1 vol. 17cm,5.

Union internationale des Sciences biologiques. Première et deuxième parties. *Procès-verbal de la* IXe *Assemblée générale* tenue à Copenhague le 28 juillet 1947. Paris, Au Secrétariat général, 1947; 1 fasc. 24cm.

Annales de l'École nationale des Eaux et Forêts et de la Station de recherches et expériences. Tome X. Fascicule 2. 1947. Paris, Berger-Levrault, 1947; 1 vol. 25cm,5.

Un lac acide de montagnes anciennes. Le lac de Lispach dans les Vosges. Étude hydrobiologique, par Étienne Hubault. Extrait des *Annales de l'École nationale des Eaux et Forêts et de la Station de recherches et expériences forestières.* Tome IV. Fascicule 2. 1932. Nancy, Paris, Strasbourg, Berger-Levrault, 1932; 1 fasc. 25cm.

Les grands lacs subalpins de Savoie sont-ils alcalitrophes? par Etienne Hubault. Extrait de *Achiv für Hydrobiologie.* Bd. XL. Heft 1, 1943. 1 fasc. 24cm,5.

Apparition et disparition de latex chez les végétaux, 5e série, Tome XXXII. — *Vitalité des graines,* 5e série, Tome XXXIII. — *Conflit entre l'action de tropismes et de facteurs physiques chez les végétaux,* 5e série, Tome XXXIII. — *Sur les lois de l'évolution organique des végétaux d'après le Prof. J. Small,* 5e série, Tome XXXIII, par Émile De Wildeman, in *Bulletin de la Classe des sciences* de l'Académie royale de Belgique. Bruxelles, Palais des Académies, 1947; 4 fasc. 25cm.

A propos des répercussions de la maladie chez la plante, par Émile De Wildeman, in *Bulletin des séances* de l'Institut royal colonial belge. Bruxelles, Marcel Hayez, 1947; 1 fasc. 25cm.

A propos de médicaments antilépreux d'origine végétale. VII. *Sur des espèces du genre* Eucalyptus *l'Héritier,* par Émile De Wildeman, in *Mémoires* de l'Institut royal colonial belge. Bruxelles, Librairie Falk fils, 1947; 1 fasc. 25cm.

Structural evolution of the South American Andes, by Victor Oppenheim. Extrait de *American Journal of Science,* 1947; 1 fasc. 23cm.

Foundations of Algebraic Geometry, by André Weil, in *American Mathematical Society. Colloquium Publications.* Volume XXIX. New York, American Mathematical Society, 1946; 1 vol. 26cm.

Analyse et contrôle des Vins, par Jean Ribéreau-Gayon et Émile Peynaud, in *Manuels pratiques d'analyses chimiques.* Paris et Liége, Librairie polytechnique Ch. Béranger, 1947; 1 vol. 18cm.

Leonhardi Euleri Commentationes Mechanicae ad Theoriam Corporum flexibilium et Elasticorum pertinentes, par Fritz Stüssi et Henri Favre. Volumen Prius. Bernæ, Auctoritate et Impensis Societatis Scientiarum Naturalium Helveticæ, MCMXLVII; 1 vol. 29cm.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU MERCREDI **10** DÉCEMBRE **1947**.

PRÉSIDENCE DE M. LOUIS BLARINGHEM.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

ÉCONOMÉTRIE. — *Stabilité d'un régime économique.*
Note de M. **Albert Caquot.**

Un régime économique est stable quand, pour l'ensemble des personnes actives qui travaillent à la production, toute augmentation de salaire correspond à une amélioration du niveau de vie.

Si donc nous représentons par s le salaire réel d'un travailleur pendant l'unité de temps déterminé, nous choisissons l'année, s sera la somme de son salaire nominal, de ses allocations familiales, des versements effectués au titre de la sécurité sociale, cette somme étant diminuée de tous les prélèvements, y compris les impôts. Si nous représentons par p le prix d'un objet, d'une fourniture, d'un aliment, ou en général d'une production quelconque, considérés par la population à un instant donné comme faisant partie de sa consommation normale.

La condition de stabilité économique définie ci-dessus s'écrira

$$\frac{d\Sigma s}{\Sigma s} > \frac{d\Sigma p}{\Sigma p},$$

dans laquelle Σs est la somme des salaires réels de tous les travailleurs, et Σp la somme des prix de toute leur consommation dans l'unité de temps; $d\Sigma p$, est par définition la variation de Σp entraînée à l'instant considéré par la variation proportionnelle de l'ensemble des salaires $d\Sigma s$.

Considérons la valeur p d'un objet à la consommation, il comprendra le paiement de centaines d'opérations comportant salaires, fournitures, impôts, agios, rente du capital, renouvellement périodique des équipements utilisés.

Mais chaque fourniture, chaque impôt, chaque renouvellement d'équipement peut être décomposé de la même façon.

Chaque salaire réel entrant dans le prix de revient interviendra par 2 termes, l'un sera le salaire réel, l'autre les prestations légales directes fonction des salaires, de telle sorte qu'après avoir développé les séries d'opérations

en nombre n, n', n'', n''' nous trouverons pour éléments de p

$$p=\sum_{i}^{n} k_i s_i m_i+\sum_{0}^{n'} k'_i s'_i m'_i+\sum_{0}^{n''} l_i p_i \varepsilon_i+\sum_{0}^{n'''} l'_i p'_i,$$

dans lesquels k_i représente pour une opération le coefficient de majoration du salaire s_i correspondant aux prescriptions légales, et m_i la quantité annuelle de ce salaire s_i utilisée dans l'opération d'indice i.

Les termes $k'_i s'_i m'_i$ sont de même nature, les termes sans accent représentant les rémunérations des travailleurs directement nécessaires, et les termes avec l'accent $'$, les rémunérations de la population active des rouages latéraux, contrôle extérieur, commerce, transports, etc.

$l_i p_i$ représente pour une opération bancaire la fraction des fonds de roulement demandée aux banques et frappée de l'intérêt ε_i, la somme des n'' opérations correspondantes représentent les agios. $l'_i p'_i$ représente, pour une opération d'équipement, la part du capital dépensé par l'épargne pour constituer l'équipement et frappé de l'intérêt ε'_i.

Le terme $\sum_{0}^{n''} l_i p_i \varepsilon_i$ est en fait la compensation des rémunérations nécessaires pour assurer le paiement des employés des banques, les fournitures, les entretiens et la rémunération de l'épargne, de telle sorte que par une nouvelle décomposition en série, ce terme se compose d'éléments nouveaux, qui peuvent rentrer dans

$$\sum_{0}^{n'} k'_i s'_i m'_i \quad \text{et} \quad \sum_{0}^{n'''} l'_i p'_i \varepsilon'_i.$$

Si nous considérons les coefficients k_i, ils ne sont pas exactement constants, les prestations légales sur les salaires augmentent plus vite que ceux-ci, en raison d'une part de l'augmentation du nombre des imposés, d'autre part du caractère progressif de certaines prestations légales, donc k_i a une variation de même signe que la variation de salaire s_i et la dérivée de k_i en fonction de s_i est positive.

D'autre part, dans la situation actuelle, la valeur de $\sum_{0}^{n'''} l'_i p'_i \varepsilon'_i$ est négative, l'intérêt donné à l'épargne ne compensant plus la perte par dévaluation, et ce terme faible peut être considéré comme négligeable.

Les grandeurs m_i, quantités d'années de main-d'œuvre correspondent pour l'opération d'indice i à l'inverse du produit de trois facteurs.

D'une part l'activité de l'ouvrier, d'autre part l'efficacité de l'outillage, enfin l'efficacité de l'organisation du travail.

L'amélioration de ces trois facteurs doit se poursuivre par la collaboration

de toutes les personnes actives de la production, et surtout par une sage politique de renouvellement accéléré du matériel, elle n'est pas modifiée à un instant donné par une variation de salaire.

Les facteurs k'_i obéissent aux mêmes données que les facteurs k_i, mais les grandeurs m'_i correspondent aux frais généraux du pays et de la distribution et sont déterminées par leurs propres rôles dans l'économie.

Elles sont depuis 1939 en croissance continue par création d'organismes parasitaires, et également par l'augmentation extraordinaire du nombre des commerçants et des intermédiaires, qui, dans certaines régions, a doublé.

Bref, après réduction, et en négligeant la rémunération de l'épargne aujourd'hui négative, on arrive à la décomposition suivante

$$p=\sum_0^n k_i s_i m_i+\sum_0^{n'} k'_i s'_i m'_i,$$

la dérivée de k_i en fonction de s_i étant positive, il en résulte que pour toute variation d'ensemble de tous les salaires, $d\Sigma p/\Sigma p > d\Sigma s/\Sigma s$, *et le régime économique est instable actuellement.*

Pour le rendre stable, il conviendra de donner à certains prélèvements une croissance plus lente que l'augmentation des salaires, le coefficient k ayant dans l'ensemble une dérivée négative.

Mais l'amélioration des salaires vrais peut être considérable et relativement rapide si l'on agit sur le cadre de l'économie. A cet effet poussons plus loin l'analyse, et décomposons les prélèvements, qui déterminent les k_i, d'après les résultats pour lesquels ils sont prévus.

Ces prélèvements sont relatifs aux contributions données aux organismes sociaux chargés d'assurer de meilleures conditions de santé et de logement, et aux retraités qui ont cessé de faire partie de la population active.

Ces prélèvements, en dehors des améliorations directes que nous avons incorporées dans la définition de s_i, correspondent donc d'une part pour le fonctionnement des organismes sociaux à des termes de la forme $\Sigma s'_i m'_i$ et pour les retraités à des termes de la forme $r_i m''_i$, r_i étant le montant de la retraite et m''_i la fraction à prévoir dans la fabrication d'un objet.

Finalement la formule complète devient

$$p=\sum_0^n s_i m_i+\sum_0^{n'} s'_i m'_i+\sum_0^{n_{\text{IV}}} r_i m''_i+\sum_0^{n'''} l'_i p'_i \varepsilon'_i;$$

avec ce nouveau développement ces séries renferment tous les termes définissant le prix de la production.

m_i, m'_i et m''_i ne sont plus des constantes mais des fonctions respectives de s_i, s'_i, r_i dont la dérivée est actuellement positive, par rapport à la variation de salaire considéré.

L'amélioration du niveau de vie résultera de la diminution des coefficients m, m' et m'', et elle peut être très importante.

Ceci correspond à une nouvelle étude que nous avons entreprise, et que nous rédigeons.

LOGIQUE MATHÉMATIQUE. — *Sur les nombres d'origine imaginaire et la notion de signe d'un nombre complexe.* Note de M. **Dimitri Riabouchinsky.**

1. Qu'il me soit permis de rappeler que c'est un problème de mécanique des fluides qui m'a conduit à mettre en évidence et à définir le *concept de l'origine d'un nombre* (¹). La résistance $\mathcal{R}$ d'un corps, déplacé à une vitesse relative uniforme V dans un fluide, reste, dans certains cas et entre certaines limites, proportionnelle à V et change néanmoins de signe avec celui de V, ce qu'on peut exprimer en écrivant $\mathcal{R} = aV|V|$, où a est un paramètre et $|V|$ la valeur absolue de V. Cette remarque m'a suggéré l'idée de chercher la solution générale *d'équations absolues* où figurent un ou plusieurs *passages à la valeur absolue* : $a|x-\alpha|+bx+c=0$, $a|x-\alpha|+b|x-\beta|+cx+d=0$, $|a_2x+b|+a_1x+b_1|+ax+b=0$, $ax^2+b|x|x+c|x|+dx+c=0$, etc. Nous nommons *ordre d'une équation absolue* linéaire ou de degré k, le nombre n des passages à la valeur absolue qui y figurent et *classes* de cette équation, les différentes dispositions de ces n opérations. Pour obtenir par un procédé uniforme les solutions d'équations absolues d'ordre linéaires et de classe quelconques, sans avoir recours à des inégalités, il était indispensable d'introduire l'opération inverse à celle du passage à la valeur absolue et, pour appliquer ensuite ce procédé aux équations absolues de degré supérieur au premier, d'étendre, en les généralisant, les concepts de signe et de valeur absolus aux nombres complexes $x+\sqrt{-1}\,y$.

2. *Les nombres d'origine imaginaire.* — J'ai nommé l'opération inverse précitée *retour à la valeur relative* et choisi comme symbole de cette opération le radical $\lceil\;$, rappelant celui de l'extraction d'une racine carrée :

$$y=|x|,\qquad x=\pm\lceil\overline{y};\qquad y=x^2,\qquad x=\pm\sqrt{y}. \tag{1}$$

Ce symbole semble satisfaire aux conditions exigées par Leibniz pour les symboles *bien choisis*, celles d'être naturels et idéographiques. En effet, il n'existe pas, en raison des définitions admises, des nombres réels dont la valeur absolue soit négative, mais en comparant les symboles (1), on peut constater, qu'en regard de l'imaginaire $\sqrt{-1}$, la nouvelle imaginaire $\lceil\overline{-1}$ apparaît aussi comme naturelle et indispensable (²).

(¹) *Comptes rendus*, 225, 1947, pp. 552-554.

(²) En introduisant le symbole $\lceil\;$ (*Bull. de l'Institut Aérodyn. de Koutchino*, V, Moscou, 1914, p. 116), je ne savais pas encore que M. Jacques Hadamard l'avait déjà choisi

On peut préciser les particularités du nombre $\overline{|\,-1}$ en appliquant le principe de G. Peacock ([3]) et H. Hankel ([4]) de la permanence des formes opératoires : Si deux formes exprimées en termes de l'arithmétique générale sont égales, elles continueront, en général, à l'être, lorsque ces termes cessent de représenter des grandeurs usuelles et, en conséquence, les opérations acquièrent aussi un contenu différent quelconque.

Pour les valeurs positives de y, on a, évidemment, $x=\pm\overline{|y}=\pm y$, et, par conséquent, $\overline{|y}=y$. En posant $y=-1$ et en désignant la valeur correspondante de x par $-j$, il vient : $j=-\overline{|-1}=1$, $-j=\overline{|-1}=-1$, $|\pm j|=-1$. C'est en méditant sur la structure des formules $\overline{|y}=y$, $j=1=-\overline{|-1}$, qui semblaient contredire le principe d'identité $y=y$, $1=1$, que j'ai pu concevoir ([1]) le principe de la définition d'un nombre par sa valeur numérique et son origine. Les propriétés de l'unité j sont définies par son *origine imaginaire* $-\overline{|-1}$. On peut aussi admettre, en généralisant ce

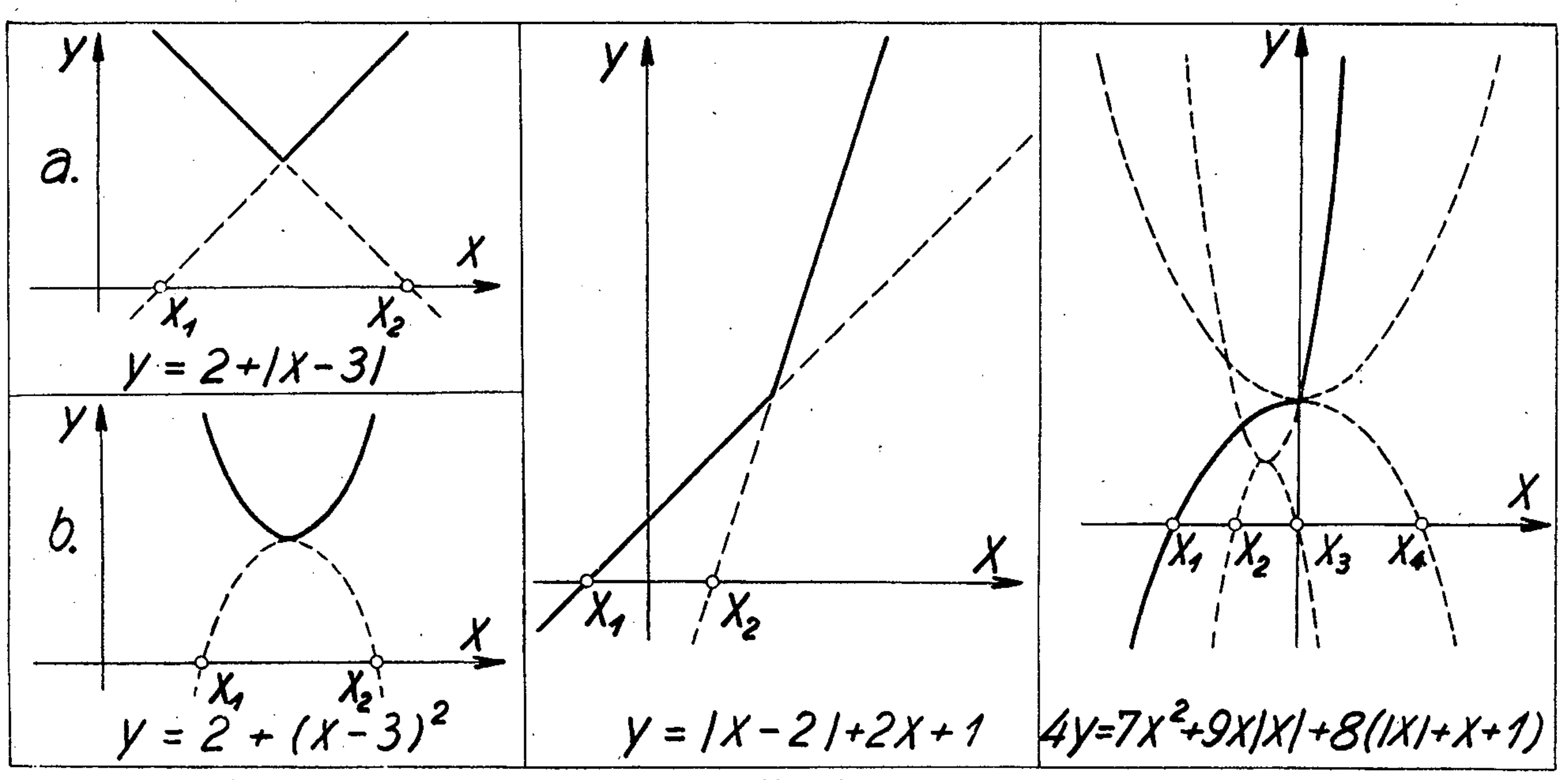


fig. 1 fig. 2 fig. 3

résultat, que $i=1=\sqrt{-1}$. Le bien-fondé de ces définitions trouve une confirmation remarquable dans les exemples donnés plus bas, dans la section 4.

3. *Signe et valeur absolue d'un nombre complexe.* — Le symbole $|x+iy|$ est

(*Ann. Sc. de l'École Normale Sup.*, **22**, Paris, 1905, p. 132) pour exprimer la partie finie d'une intégrale divergente, mais dans une Note récente de M. F. Bureau (*Comptes rendus*, **225**, 1947, p. 854), présentée par M. J. Hadamard, ce symbole est remplacé par l'abréviation *p fin* figurant au devant de l'intégrale divergente. Si cette notation explicite et commode est adoptée, le radical $\overline{|\ \ }$ n'aura qu'une seule signification, celle du retour à la valeur relative.

([3]) *Report of the Third Meeting of the British Association*, London, 1834, p. 198.

([4]) *Vorlesungen über die complexen Zahlen*, Leipzig, 1867, p. 11.

généralement défini comme module $+\sqrt{x^2+y^2}$ du nombre complexe $x+iy$. Cette interprétation est en désaccord avec le principe de Peacock-Hankel : en posant dans $|x|=+\sqrt{x^2}$, $x=\pm i$, il vient $|\pm i|=i$ et non pas $|\pm i|=1$. Il serait préférable d'utiliser un autre symbole pour exprimer $\sqrt{x^2+y^2}$ et d'interpréter $|x+iy|$, en se laissant guider par la théorie des équations absolues. Le procédé général de la solution de ces équations est basé sur l'application systématique des identités $x^2=|x|^2$, $x=\pm|x|=|x|\operatorname{sgn}x$, où le symbole $\operatorname{sgn}x=x:|x|$ a été introduit par L. Kronecker, dans ses recherches sur la théorie des nombres. On peut satisfaire à ces formes opératoires et, par conséquent, au principe de Peacock-Hankel, en posant $|x+iy|=(x+iy)\operatorname{sgn}(x+y)$, ce qui revient à considérer comme signe de $x+iy$, celui de $x+y$.

4. *Interprétation géométrique des nombres complexes.* — Pour illustrer les développements précédents, considérons quelques exemples. Cherchons les points d'intersection des lignes continues tracées dans les figures 1, 2, 3, définies par les équations indiquées sur ces figures, avec l'axe $y=c=0$. On est conduit ainsi à résoudre les équations, $2+|x-3|=0$, $2+(x-3)^2=0$, $|x-2|+2x-1=0$, $7x^2+9x|x|+8(|x|+x+1)=0$, dont les solutions respectives sont $x=3\pm\lvert\overline{-2}$, $x=3\pm\sqrt{-2}$,

$$x=2\pm\left\lvert\overline{-\frac{3}{1\pm 2}}\right.,\qquad x=\pm\left\lvert\overline{-\frac{4(1\pm 1)}{7\pm 9}(\pm)_1\sqrt{\frac{16(1\pm 1)^2}{(7\pm 9)^2}-\frac{8}{7\pm 9}}}\right.,$$

où, dans la dernière de ces équations, il faut prendre les 4 combinaisons possibles des signes $\pm$ et $(\pm)_1$. On trouve ainsi comme origine et valeur numérique de chacune de ces solutions : dans la figure 1 *a*, $x_1=3-2j=1$, $x_2=3+2j=5$; dans la figure 1 *b*, $x_1=3-i\sqrt{2}=3-\sqrt{2}$, $x_2=3+i\sqrt{2}=3+\sqrt{2}$; dans la figure 2, $x_1=2-\lvert\overline{3}=-1$, $x_2=2-j=1$; dans la figure 3, $x_1=-\lvert\overline{2}=-2$, $x_2=-(1/2)j(1+i)=-1$, $x_3=(1/2)(i-1)=0$, $x_4=2j=2$. Les valeurs numériques des racines des équations considérées, correspondant aux valeurs du paramètre $c\neq 0$, définissent également les points des ensembles de lignes tracées dans les figures 1, 2, 3. Ces lignes se distinguent les unes des autres d'après l'origine de leurs points, qui peut être indépendante des unités i et j, ne contenir que l'une d'elles ou toutes les deux.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Action de quelques substances de croissance additionnées soit de nitrate d'urane, soit de sulfate de manganèse sur la germination et la productivité du Blé.* Note [1] de M. **Paul Becquerel** et Mlle **Jacqueline Rousseau**.

Précédemment nous avons constaté que le trempage des grains dans les acides phénylacétique et indol β-acétique au 1/100000 avait une action

---

[1] Séance du 24 novembre 1947.

favorable sur la germination et le rendement du Blé. Est-ce que celle-ci serait encore accrue, comme nous l'avons trouvé pour le *Pisum sativum* si l'on y ajoutait soit du nitrate d'urane ou de sulfate de manganèse.

Pour nous en rendre compte, nous avons procédé comme avec les substances de croissance ([2]).

Le tableau ci-dessous donne le pourcentage des grains germés au bout de 2, 4, 6, 8 jours après 24 et 48 heures de trempage dans les dilutions précitées au 1/100, 1/1000; 1/10000, 1/100000 et leur mélange au 1/10000 et au 1/100000.

TABLEAU I.

	Pourcentage des grains germés au bout de							
	2 jours		4 jours		6 jours		8 jours	
Substances utilisées et dilution.	A.	B.	A.	B.	A.	B.	A.	B.
Nitrate d'urane 10^{-2}	15	0	22	0	28	2	34	5
Nitrate d'urane 10^{-3}	38	7	64	17	81	30	94	39
Nitrate d'urane 10^{-4}	70	22	82	40	91	57	99	74
SO^4Mn 10^{-2}	67	29	79	46	88	54	96	69
SO^4Mn 10^{-3}	71	49	86	62	91	70	99	87
SO^4Mn 10^{-4}	74	61	89	70	99	79	100	95
Nitrate d'urane 10^{-4} + SO^4Mn 10^{-4}	71	39	87	47	94	57	98	70
Nitrate d'urane 10^{-4} + ac. phénylacétique 10^{-5}	34	5	78	17	87	41	96	70
Nitrate d'urane 10^{-4} + acide indol β-acétique 10^{-5}	36	6	78	19	90	49	96	71
SO^4Mn 10^{-4} + ac. phénylacétique 10^{-5}	44	10	81	40	93	61	99	72
SO^4Mn 10^{-4} + ac. indol β-acétique 10^{-5}	39	10	79	37	91	56	97	71
Eau distillée	79	65	96	82	100	89	100	96

A. Trempage 24 heures; B. Trempage 48 heures.

Ces expériences nous montrent que le nitrate d'urane au 1/100 pour un trempage de 24 heures a un effet inhibiteur sur la germination, puisqu'au bout de 8 jours, il n'y a que 34 % des grains germés. Après 48 heures de trempage à la même dose, l'effet est plus marqué, puisqu'au bout de 8 jours 5 % seulement des grains ont germé. Au 1/1000 l'effet est encore sensible. Pour le sulfate de manganèse au 1/100, l'effet retardateur n'est sensible, après 24 heures de trempage, que pour les deux premiers jours de germination. Au 1/1000 et au 1/10000, pendant le même temps, cet effet se maintient, mais au bout de 8 jours de germination, le pourcentage est le même que pour les témoins. Après 48 heures de trempage le même effet est plus accusé. Dans le mélange de nitrate d'urane et de sulfate de manganèse au 1/10000 après trempage de 24 heures, la germination des grains, légèrement retardée dans les deux premiers jours, suit celle du lot témoin. Enfin, si nous ajoutons de l'acide phénylacétique ou indol β-acétique au 1/100000 au nitrate d'urane et au sulfate de manganèse au 1/10000, l'effet retardateur augmente les 4 premiers

([2]) *Comptes rendus*, **222**, 1947, p. 911.

jours de germination pour un trempage de 24 heures. Au bout de 8 jours cet effet disparaît puisqu'on observe 98 % de grains germés. Connaissant ces effets, nous avons cherché, seulement pour les grains trempés 24 heures dans les solutions précitées, comment ils se comportaient sur les terrains d'expérience de la Station de Beau-Site.

Dix lots de grains comparables, Vilmorin 27, furent constitués, dont un lot témoin. Ils furent semés en lignes le 24 mars dans les mêmes conditions de fumure comme dans les expériences de la Note précédente.

La maturité eut lieu vers le 24 juillet, sauf pour ceux traités par le nitrate d'urane 4 à 5 jours avant.

Dans le tableau suivant nous donnons les résultats obtenus, nombre d'épis par lot, composition des épis, nombre moyen de grains par épis, longueur moyenne des tiges en centimètres, poids des tiges en grammes, des glumes en grammes, des grains en grammes, et par extrapolation le rendement à l'hectare en quintaux.

TABLEAU II (Trempage 24 heures).

Dilution de la substance.	Nombre d'épis.	Nombre d'étages d'épillets		Nombre moyen de grains par épis.	Longueur moyenne des tiges (en cm).	Poids			Rendement à l'hectare (en quint.)
		total.	stériles.			des tiges (en g).	des glumes (en g).	des grains (en g).	
Témoins dans l'eau	709	18	3,5	27,5	64	493	179	789	26,30
Nitrate d'urane 10^{-3}	686	17	4	24,5	61	471	164	692	23,06
Nitrate d'urane 10^{-4}	712	18	3,5	28,5	66,5	521	197	882	29,60
SO_4Mn 10^{-3}	708	18,5	3,5	28,5	66,5	519	195	879	29,30
SO_4Mn 10^{-4}	715	19	2,8	31	67	529	207	1010	33,66
Nit. d'urane 10^{-4} + SO_4Mn 10^{-4}	710	18,5	3	30	67	521	201	981	32,70
» + ac. phénylacét. 10^{-5}	710	18	3	28	66,5	519	196	889	29,63
» + ac. indol β-acét. 10^{-5}	708	18	3,2	27,5	66	512	187	832	26,70
SO_4Mn 10^{-4} + ac. phénylacét. 10^{-5}	716	19	2,8	30	67	534	209	1034	34,46
» + ac. indol β-acét. 10^{-5}	711	18	3	28,5	66,5	514	201	986	31,20

Le trempage des grains 24 heures dans le nitrate d'urane au 1/1000 diminue le rendement de 10 %, au 1/10 000 il augmente le rendement de 14 %. Le sulfate de manganèse au 1/1000 augmente le rendement de 13 % et au 1/10 000 de 27 %.

En mélange, une des deux solutions au 1/10 000 le sulfate de manganèse perd une partie de son action favorisante avec un rendement de 24 %.

Si nous ajoutons au nitrate d'urane au 1/10 000 de l'acide β indol-acétique au 1/100 000, l'augmentation de rendement n'est que de 5 %; en le remplaçant par de l'acide phénylacétique, le rendement monte à 14,5 %.

Avec le sulfate de manganèse au 1/10 000 plus l'acide β indol-acétique ou l'acide phénylacétique, le rendement s'accroît de 24 % pour le premier et de 30 % pour le second.

Ces résultats n'en sont pas moins intéressants, et il est possible qu'en cherchant un mélange encore plus efficace, mieux adapté au Blé, on puisse par cette méthode en améliorer le rendement.

GÉOGRAPHIE BOTANIQUE. — *Sur les exigences édaphiques de l'*Aceras anthropophorum *(L.) R. Br.* Note [1] de M. **René de Litardière**.

Nous avons été surpris de constater, durant nos dernières excursions en Corse (mai 1947), la présence de l'*Aceras anthropophorum* (L.) R. Br. dans diverses localités situées *en dehors des régions calcaires* où jusqu'ici la plante avait été seulement signalée. Cependant, M. Aylies l'avait déjà recueillie à l'adret de la Punta della Gianfena, Sud de Corte [2], très probablement sur protogine, à en juger d'après les indications de la Carte géologique.

Voici les localités, encore inédites, où nous avons observé cette intéressante Orchidacée :

Agriates : route de Saint-Florent à Ile-Rousse, à 3^{km} environ de Saint-Florent, pente herbeuse du maquis, sur serpentine, 80^{m} environ; Saint-André-de-Bozio, sentier de Piedilacorte à la chapelle de Saint-Pancrace, hêtraie au lieudit Murello, 920^{m} environ; entre l'église de Saint-André et Rebia, châtaigneraie, 800^{m} environ; pentes de Mezzane, sud de Rebia, garigue, 650^{m} environ. Ces trois dernières localités sont situées sur schistes lustrés.

L'*Aceras anthropophorum* a été considéré jusqu'ici comme une espèce essentiellement calcicole. Des géobotanistes, Contejean [3] et ensuite Magnin [4], le rangent parmi les « calcicoles exclusives ou presque exclusives, ne se rencontrant jamais qu'accidentellement, et sans s'y propager, sur les terrains assez pauvres en calcaire pour ne produire à froid aucune effervescence avec les acides ». Divers floristes, par exemple Hegi [5], Keller et von Soó [7], soulignent également que cette espèce croît « *seulement sur calcaire* ». En ce qui concerne la Corse, Briquet [6] donne aussi l'*Aceras* comme calcicole, en ajoutant qu'il est « peu fréquent à cause de la rareté des terrains, mais abondant quand on le trouve ».

L'analyse de la terre prélevée dans la rhizosphère de la plante en trois des localités ci-dessus énumérées a fourni les résultats suivants :

---

(1) Séance du 24 novembre 1947.

(2) Cf. R. de Litardière et E. Simon, *Bull. Soc. bot. Fr.*, 68, 1921, p. 35. Dans ce mémoire sont signalées un certain nombre d'autres localités de la région de Corte, où l'espèce est assez fréquente.

(3) *Géogr. bot.*, 1881, p. 125.

(4) *Observ. fl. Lyonnais*, chap. III (*Ann. Soc. bot. Lyon*, 12, 1884, pp. 165 et 73).

(5) *Ill. Fl. M.-Eur.*, 2, p. 360.

(6) *Monogr. und Icon. Orchid. Eur. und Mittelmeergeb.*, 2, p. 105.

(7) *Prodr. fl. Corse*, 1, p. 380.

	Teneur en calcaire.	pH.
Agriates : Route de Saint-Florent à Ile-Rousse, sur serpentine.................	néant	7,56
Saint-André-de-Bozio à Mezzane, sur schistes lustrés................................	néant	7,21
Saint-André-de-Bozio, entre l'église et Rebia, sur schistes lustrés......................	néant	6,92

Il s'ensuit que l'*Aceras anthropophorum* est susceptible de croître, et ceci avec une vitalité tout à fait normale, dans des sols dépourvus de calcaire, mais à réaction basique ou neutre ([8]).

Cette plante, pensons-nous, se comporte sensiblement de la même façon que d'autres espèces, assez nombreuses et dont la plus représentative est le Buis, qui se montrent essentiellement calcicoles dans les parties boréales de leur aire de dispersion et indifférentes à l'égard de la nature du substratum dans les régions méridionales; cette calcicolie est purement thermique. Il nous apparaît que ce fait est illustré aussi par la présence de l'*Aceras* dans les stations aberrantes où il est susceptible de croître en Corse, telles que châtaigneraies et surtout hêtraies; la plante peut encore trouver dans ces stations une somme de chaleur suffisante à son développement normal.

ÉLECTIONS.

Par la majorité absolue des suffrages, M. **Raymond Cornubert** est élu Correspondant pour la Section de Chimie.

DÉSIGNATIONS.

Sur la proposition de la Commission des Recherches Agronomiques, MM. **Emmanuel Leclainche**, **Gabriel Bertrand**, **Maurice Caullery**, **Charles Maurain**, **Charles Jacob**, **Maurice Javillier**, **Émile Roubaud**, **Roger Heim**, **Albert Demolon** sont désignés pour faire partie du Comité d'Études institué par l'**Académie d'Agriculture de France**, pour préparer la création d'un *Comité Français* et d'une *Union Internationale des Sciences agronomiques*.

MM. **Louis Blaringhem**, **Louis de Broglie**, **Albert Caquot**, **René Barthélemy** sont délégués à la Cérémonie qui aura lieu au Conservatoire National des Arts et Métiers, le 19 décembre 1947, pour commémorer le soixante-dixième anniversaire de l'ouverture par l'Académie des Sciences du Pli cacheté de **Charles Cros**, indiquant les idées suivant lesquelles le Phonographe pouvait être réalisé.

([8]) Les analyses mettent une fois de plus en relief qu'il n'existe pas de rapport entre la concentration en ions H du sol et sa teneur en carbonate de calcium.

CORRESPONDANCE.

M. **André Demay** prie l'Académie de bien vouloir le compter au nombre des candidats à la place vacante dans la Section de Minéralogie, par le décès de M. *Léon Bertrand*.

M. **Raoul Lecoq** adresse un rapport relatif à l'emploi qu'il a fait de la subvention qui lui a été attribuée sur la Fondation Villemot en 1946.

L'**Université de Lausanne** fait connaître les conditions d'attribution du *Prix Arnold Reymond, fondation Charles-Eugène Guye*.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Association de Géographes français. *Bibliographie géographique internationale*. 1940-1944 (*Le-LIVe Bibliographie annuelle*), publiée avec la collaboration de diverses Sociétés Savantes sous la direction de Elicio Colin (présenté par M. Em. de Martonne).

2° Encyclopédie biogéographique et écologique. II. *Observations écologiques en forêt de Basse Côte-d'Ivoire*, par Renaud Paulian (présenté par M. A. Chevalier).

3° Encyclopédie biologique. XXV. *Le livre des plantes médicinales et vénéneuses de France*, par Paul Fournier. Tome I (présenté par M. A. Chevalier).

4° Joseph De Toni. *Diagnoses Algarum Novarum post sylloges editionem descriptarum*. II. *Florideæ*. Centuria I.

5° Gouvernement général de l'Afrique occidentale française. Carte géologique de reconnaissance à l'échelle du 500000e. *Notices explicatives sur la feuille Kindia-Ouest et sur la feuille Kita-Ouest*.

ALGÈBRE. — *Une généralisation des polynomes de Hilbert.* Note (1) de M. Pierre Samuel, présentée par M. Élie Cartan.

I. Nous entendrons ici par *anneau nœtherien* un anneau commutatif où tout ensemble non vide d'idéaux a un élément maximal, par *anneau d'Artin* un anneau commutatif où tout ensemble non vide d'idéaux a un élément minimal. Rappelons (2) que tout anneau d'Artin à élément unité est nœtherien. Considérons l'anneau $\mathfrak{O} = A(x_1, \ldots, x_s)$ des polynomes en s lettres sur l'anneau d'Artin A. Soit $\mathfrak{a}$ un idéal homogène de $\mathfrak{O}$; nous noterons $\mathfrak{a}(n)$ l'ensemble des formes de degré n appartenant à $\mathfrak{a}$, $\mathfrak{a}(n)$ est un A-module de

(1) Séance du 10 décembre 1947.

(2) Jacobson, *Theory of rings*, New-York, 1943, th. **29**, p. 71.

longueur finie $\varphi_{\mathfrak{a}}(n)$. On démontre, par récurrence sur la longueur de A, la généralisation suivante du théorème de Hilbert [3].

Théorème 1. — *$\varphi_{\mathfrak{a}}(n)$ est un polynome en n, pour n assez grand.*

Théorème 2. — *Soit $\mathfrak{h}$ l'idéal engendré par $(x_1, \ldots, x_s)$ dans $\mathfrak{O}$, $(\mathfrak{a} : \mathfrak{h})$ le transporteur (ou idéal quotient) de $\mathfrak{h}$ dans $\mathfrak{a}$. On a : $\varphi_{\mathfrak{a}}(n) = \varphi_{(\mathfrak{a}:\mathfrak{h})}(n)$ pour n assez grand.*

II. Nous allons maintenant appliquer ces résultats aux longueurs d'idéaux primaires dans les anneaux locaux. Rappelons qu'on appelle *anneau local* [4] un anneau $\mathfrak{O}$, nœtherien à élément unité où les éléments non inversibles forment un idéal $\mathfrak{m}$; tout idéal $\mathfrak{a} \neq \mathfrak{O}$ est donc contenu dans $\mathfrak{m}$. Rappelons aussi que $\bigcap_{n=1}^{\infty} \mathfrak{m}^n = \{0\}$ (th. de Krull); les puissances de $\mathfrak{m}$ définissent donc sur $\mathfrak{O}$ une topologie d'anneau séparé; on montre que la complétion $\overline{\mathfrak{O}}$ de $\mathfrak{O}$ est un anneau local, et que tout idéal d'un anneau local est fermé. Remarquons d'abord que tout idéal $\mathfrak{q}$ tel que $\mathfrak{m} \supset \mathfrak{q} \supset \mathfrak{m}^s$ est primaire pour $\mathfrak{m}$ (et réciproquement), et que $A = \mathfrak{O}/\mathfrak{q}$ est un anneau d'Artin. Par une $\mathfrak{q}$ *forme de degré n sur* $\mathfrak{O}$ nous entendrons un élément du A-module $F_n(\mathfrak{q}) = \mathfrak{q}^n/\mathfrak{q}^{n+1}$. Soit $F(\mathfrak{q})$ la somme directe $\sum_{n=0}^{\infty} F_n(\mathfrak{q})$. Nous munirons $F(\mathfrak{q})$ de la structure d'anneau suivante : si $\bar{x} \in F_n(\mathfrak{q})$ et $\bar{y} \in F_n(\mathfrak{q})$, $\bar{x}$ et $\bar{y}$ étant les classes mod $\mathfrak{q}^{n+1}$ et $\mathfrak{q}^{p+1}$ d'éléments $x \in \mathfrak{q}^n$ et $y \in \mathfrak{q}^p$, on vérifie immédiatement que la classe du produit xy mod. $\mathfrak{q}^{n+p+1}$ ne dépend que de $\bar{x}$ et de $\bar{y}$; étendant cette multiplication par linéarité, on vérifie aussitôt que $F(\mathfrak{q})$ est ainsi muni d'une structure d'anneau commutatif. Soit $\{x_1, \ldots, x_q\}$ une base de l'idéal $\mathfrak{q}$; il est facile de voir que $F(\mathfrak{q})$ est isomorphe au quotient de l'anneau de polynomes $A[X_1, \ldots, X_q]$ par un idéal homogène $\mathfrak{G}$. Nous déduisons alors des théorèmes 1 et 2 :

Théorème 3. — *Si $\mathfrak{q}$ est un idéal primaire pour l'idéal maximal $\mathfrak{m}$ d'un anneau local; la longueur $P_{\mathfrak{q}}(n)$ de l'anneau $\mathfrak{O}/\mathfrak{q}^n$ est un polynome en n pour n assez grand.*

Théorème 4. — *Si $\mathfrak{m}$ ne se compose pas uniquement de diviseurs de zéro, $(\mathfrak{q}^{n+1} : \mathfrak{q}) = \mathfrak{q}^n$ pour n assez grand.*

III. Nous passons maintenant à l'étude des idéaux primaires d'un anneau nœthérien général $\mathfrak{O}$. Soit $\mathfrak{q}$ primaire pour l'idéal premier $\mathfrak{p}$. On appelle *longueur de l'idéal primaire* $\mathfrak{q}$ la longueur d'une chaîne maximale d'idéaux *primaires pour* $\mathfrak{p}$ entre $\mathfrak{O}$ et $\mathfrak{q}$. L'étude des idéaux primaires pour $\mathfrak{p}$ (que, pour d'évidentes raisons géométriques, on pourrait appeler la « localisation à l'idéal premier $\mathfrak{p}$ »)

---

[3] *Über die theorie das algebraischen Formen* (*Math. Ann.*, 36, 1890, pp. 473-534).

[4] Krull, *Dimensionstheorie in Stellenringen* (*J. Reine Angew. Math.*, 179, 1938, p. 209, Note K); Chevalley, *On the theory of local rings* (*Ann. of Math.*), 44, 1943, pp. 690-708, Note LR); Cohen, *On the structure and ideal theory of complete local rings* (*Trans. Amer. Math. Soc.*, 59, 1945, pp. 54-106, Note C).

est grandement facilitée par la considération de l'anneau des quotients $\mathfrak{O}_{\mathfrak{p}}$ de l'idéal premier $\mathfrak{p}$ (5). Rappelons que $\mathfrak{O}_{\mathfrak{p}}$ est un anneau local dont on note l'idéal maximal ${}_{\mathfrak{p}}\mathfrak{O}_{\mathfrak{p}}$. Il y a correspondance biunivoque monotone entre les idéaux $\mathfrak{q}$ primaires pour $\mathfrak{p}$ et les idéaux primaires pour ${}_{\mathfrak{p}}\mathfrak{O}_{\mathfrak{p}}$, ${}_{\mathfrak{q}}\mathfrak{O}_{\mathfrak{p}}$ correspondant à $\mathfrak{q}$. A $({}_{\mathfrak{q}}\mathfrak{O}_{\mathfrak{p}})^n$ correspond la *puissance symbolique* $n^{\text{ième}}$ $\mathfrak{q}^{(n)}$ de $\mathfrak{q}$, c'est-à-dire la composante primaire de $\mathfrak{q}^n$ suivant $\mathfrak{p}$. On tire donc des théorèmes 3 et 4 :

THÉORÈME 5. — *Soit $\mathfrak{q}$ un idéal primaire pour l'idéal premier $\mathfrak{p}$ d'un anneau nœthérien quelconque $\mathfrak{O}$. Alors la longueur $P_{\mathfrak{q}}(n)$ de la puissance symbolique $\mathfrak{q}^{(n)}$ est un polynome en n pour n assez grand.*

THÉORÈME 6. — *Soit $\mathfrak{s}$ l'intersection de tous les idéaux primaires pour $\mathfrak{p}$. Si $\mathfrak{p}/\mathfrak{s}$ n'est pas un idéal premier de zéro dans $\mathfrak{O}/\mathfrak{s}$ et si $\mathfrak{q}$ est primaire pour $\mathfrak{p}$, on a $(\mathfrak{q}^{(n+1)} : \mathfrak{q}) = \mathfrak{q}^{(n)}$ pour n assez grand.*

Dans une prochaine Note nous appliquerons ces résultats aux notions de dimension et de multiplicité dans les anneaux locaux. Les démonstrations de ces deux Notes feront l'objet d'une publication ultérieure.

ALGÈBRE. — *Théorie non abélienne des corps de classes pour les extensions galoisiennes des corps de nombres algébriques : anneau principal; lois d'unicité, d'ordination, d'existence (forme provisoire), d'isomorphisme et de décomposition; loi de monodromie.* Note de M. **MARC KRASNER**, présentée par M. Élie Cartan.

Je conserve les notations de mes Notes précédentes (1). Soient $\overline{K}/k$ une sous-extension de K/k, $\overline{\Gamma}$ une représentation de $\mathcal{G}_{K/\overline{K}}$, $r_{\overline{\Gamma}}$ sa représentation associée de $U_{K/\overline{K}}$, Γ la représentation de $\mathcal{G}_{K/k}$ induite par $\overline{\Gamma}$. $\mathfrak{P} \to N_{\overline{K}/k}(\mathfrak{P})$, où $N_{\overline{K}/k}(\ldots)$ est la norme de $\overline{K}$ à k, est un homomorphisme régulier d'ordre $(\overline{K}:k)$ de $U_{K/\overline{K}}$ dans un semi-groupe abélien libre $U \supset U_{K/k}$ d'idéaux de k dont la base ne diffère de celle de $U_{K/k}$ que par un ensemble fini d'idéaux, et la démonstration du théorème d'Artin (2) que $L(s, K/\overline{K}, \overline{\Gamma}) \sim L(s\, K/k, \Gamma)$ montre que r_Γ équivaut à l'induite de $r_{\overline{\Gamma}}$ par cet homomorphisme.

Considérons l'ensemble R_k des classes d'équivalence des représentations r_Γ associées aux représentations Γ des groupes de Galois $\mathcal{G}_{K/k}$ de toutes les extensions galoisiennes K de k. *C'est un anneau.* En effet, si $r, r' \in R_k$, il existe des extensions galoisiennes K/k et K'/k et des représentations Γ, Γ' des $\mathcal{G}_{K/k}$, $\mathcal{G}_{K'/k}$ telles que $r \sim r_\Gamma$ (donc $-r \sim r_{-\Gamma}$), $r' \sim r_{\Gamma'}$. Dès lors, si $\Gamma^\star$, $\Gamma^{\star\prime}$ sont des représentations de $\mathcal{G}_{KK'/k}$ identifiées avec Γ, Γ', on a $r_\Gamma \sim r_{\Gamma^\star}$, $r_{\Gamma'} \sim r_{\Gamma^{\star\prime}}$, d'où

(5) CHEVALLEY, *On the notion of the ring of quotients of a prime ideal* (*Bull. Amer. Math. Soc.*, 50, 1944, p. 93).

(1) *Comptes rendus*, 225, 1947, pp. 785 et 973.

(2) Voir H. HASSE, *Reziprozitätsgesetz*, Leipzig-Berlin, 1930.

(3) *Annals of Math.*, 48, 1947, p. 502.

$r+r' \sim r_{\Gamma'+\Gamma''}$ et $r\times r' \sim r_{\Gamma'\times\Gamma''}$ sont $\in R_k$. En vertu d'un récent théorème de R. Brauer ([3]), R_k est engendré par les induites par les homomorphismes normaux $\overline{\mathfrak{P}} \to N_{\overline{K}/k}(\overline{\mathfrak{P}})$ des associées $r_{\overline{\Gamma}}$ des représentations $\overline{\Gamma}$ des groupes de Galois $\mathcal{G}_{K/\overline{K}}$ pour les seules extensions K/k et $\overline{K}/k$ telles que K/k soit galoisienne et $K/\overline{K}$ soit cyclique. R_k sera appelé l'*anneau principal de k*.

L'ensemble $\mathfrak{T}_{K/k}$ des représentations (à l'équivalence près) r_Γ de $U_{K/k}$ associées aux représentations Γ de $\mathcal{G}_{K/k}$ *est un sous-anneau positivement complet de* R_k (car si K'/k est une surextension galoisienne de K/k, $\mathcal{O}(\mathcal{G}_{K/k})$ est positivement complet, en vertu de $\mathcal{G}_{K/k} = \mathcal{G}_{K'/k}/\mathcal{G}_{K'/K}$, dans $\mathcal{O}(\mathcal{G}_{K'/k})$, donc $\mathfrak{T}_{K/k}$ l'est dans $\mathfrak{T}_{K'/k}$; et si $r=r'(+)r''$, où $r\in\mathfrak{T}_{K/k}$ et où r', r'' sont $\in R_k$, il existe une surextension galoisienne K'/k de K/k telle qu'on ait $r, r', r''\in\mathfrak{T}_{K'/k}$, d'où $r'\in\mathfrak{T}_{K/k}$), qui sera dit l'*anneau de Takagi de* K/k. *On a* $\mathfrak{T}_{K/k}=\mathfrak{T}_{K'/k}$ *si, et seulement si* $K=K'$ *et l'on a* $\mathfrak{T}_{K/k}\subset\mathfrak{T}_{K'/k}$ *si, et seulement si* $K\subset K'$, ce qui constitue les lois *d'unicité* et *d'ordination*. Mais, *si* $\mathfrak{T}$ *est un sous-anneau positivement complet de* R_k *engendré par un ensemble fini de ses éléments, il existe une extension galoisienne finie* K/k *telle que* $\mathfrak{T}=\mathfrak{T}_{K/k}$: en effet, il existe une extension galoisienne finie K'/k telle que $\mathfrak{T}\subseteq\mathfrak{T}_{K'/k}$. $r_\Gamma\to\Gamma$ est un isomorphisme de $\mathfrak{T}$ sur un sous-anneau positivement complet $\overline{\mathcal{O}}$ de $\mathcal{O}(\mathcal{G}_{K'/k})$. Il existe donc un sous-groupe invariant g de $\mathcal{G}_{K'/k}$ tel que $\overline{\mathcal{O}}=\mathcal{O}(\mathcal{G}_{K'/k}/g)=\mathcal{O}(\mathcal{G}_{K/k})$, où K appartient à g dans K', d'où $\mathfrak{T}=\mathfrak{T}_{K/k}$. K/k est dite l'extension *associée à* $\mathfrak{T}$. Ceci est la forme provisoire de la loi d'*existence* (sa forme définitive sera donnée ultérieurement, en caractérisant R_k sans sortir de k).

Étant donné un sous-anneau fini positivement complet $\mathfrak{T}$ de R_k, une représentation Γ du groupe de Galois $\mathcal{G}_{K/k}$ de son extension associée K/k est irréductible si, et seulement si r_Γ l'est dans R_k. Les idéaux $\mathfrak{p}$, $\mathfrak{p}'\in U_{K/k}$ seront dits *équivalents suivant* $\mathfrak{T}$ [notation : $\mathfrak{p}\equiv\mathfrak{p}'(\mathfrak{T})$] si, pour tout $r\in\mathfrak{T}$, on a $r(\mathfrak{p})=r(\mathfrak{p}')$. $\mathfrak{p}$ et $\mathfrak{p}'$ étant premiers, K/k a un même symbole d'Artin pour $\mathfrak{p}$ et pour $\mathfrak{p}'$ si, et seulement si $\mathfrak{p}\equiv\mathfrak{p}'(\mathfrak{T})$, car $r_\Gamma(\mathfrak{p})=\Gamma(< K/k;\mathfrak{p} >)$, et l'on a pour deux classes d'éléments conjugués X et X' de $\mathcal{G}_{K/k}$ et pour tout Γ de $\mathcal{O}(\mathcal{G}_{K/k})$, $\Gamma(X)=\Gamma(X')$ si, et seulement si $X=X'$. Ainsi, $r_1, r_2, \ldots, r_s$ étant tous les éléments irréductibles de $\mathfrak{T}$ et $P_1, P_2, \ldots, P_s$ étant toutes les classes d'équivalence de $U_{K/k}$ suivant $\mathfrak{T}$, si φ_{ij} est la fonction caractéristique de $r_i(\mathfrak{p})$, où $\mathfrak{p}\in P_j$, φ_{ij} est aussi la fonction caractéristique de $\Gamma_i(X_j)$, où $r_i=r_{\Gamma_i}$, et où $X_j=< K/k;\mathfrak{p} >$. Ainsi, la donnée de $\mathfrak{T}$ définit les fonctions caractéristiques des $\Gamma_i(X_j)$ pour toute représentation irréductible Γ_i et pour toute classe d'éléments conjugués X_j de $\mathcal{G}_{K/k}$, donc aussi les tableaux des g_{ius} (ce qui résulte aussi de l'isomorphisme $r_\Gamma\to\Gamma$) et des c_{jvt} pour ce groupe, les nombres d'éléments h_j des X_j [donc aussi leur somme, égale à $(K:k)$] et les degrés l_i des Γ_i. Ceci constitue la loi *d'isomorphisme*. Si $\mathfrak{p}\in P_j$ et si f_j est le p. p. c. m. des ordres des $\Gamma_i(X_j)=r_i(\mathfrak{p})$, c'est-à-dire le plus petit entier f tel que, pour tout $i=1,2,\ldots,s$ et pour tout zéro ε de φ_{ij} on ait $\varepsilon^f=1$, $\mathfrak{p}$ se décompose dans K

en $(K : k) : f_j$ idéaux premiers de degré f_j, ce qui constitue la loi *de décomposition*.

Soient K' une extension de k, $n' = (K' : k)$, $\mathfrak{p}$ un idéal premier (fini ou infini) de k, $\mathfrak{P}'$ un diviseur premier de $\mathfrak{p}$ dans K', $N(\ldots)$ la norme absolue, D_k, $D_{K'} = D_k^{n'} N(D_{K'/k})$ les discriminants absolus des k, K'; $K'_{\mathfrak{P}'}/k_{\mathfrak{p}}$ étant l'extension locale pour $\mathfrak{P}'$ de K'/k, si K'/k est galoisienne, l'extension valuée $K'_{\mathfrak{P}'}/k_{\mathfrak{p}}$ l'est aussi, ne dépend que de $\mathfrak{p}$ et sera alors notée $(K'/k)_{\mathfrak{p}}$. Deux sous-extensions L/l et L'/l d'une extension L^* d'un corps l de nombres algébriques ou $\mathfrak{p}$-adiques seront dites *latérales* si LL'/L et LL'/L' sont non ramifiées.

Loi de monodromie : K, K' étant deux extensions de k, dont K/k galoisienne, si, pour tout diviseur premier $\mathfrak{P}'$ de $D_{K/k}$ dans K', $K'_{\mathfrak{P}'}/k_{\mathfrak{p}}$ est latérale de $(K/k)_{\mathfrak{p}}$ et si, pour tout idéal premier $\mathfrak{P}'$ de K' tel que $N(\mathfrak{P}') \leqq |D_{K'}|^{n:2}$, où $n = (K:k)$, $K'_{\mathfrak{P}'}/k_{\mathfrak{p}}$ est une surextension de $(K/k)_{\mathfrak{p}}$, on a $K' \supseteq K$.

Démonstration. — Supposons qu'on n'a pas $K' \supseteq K$. Alors, $K^* = KK' \neq K'$ et K^*/K' est galoisienne, car K/k l'est. Donc, il existe un corps $K'' \neq K^*$ entre K' et K^* tel que K^*/K'' soit abélienne et, pour tout diviseur premier $\mathfrak{P}^*$ de $D_{K/k}$ dans K^*, on a $K^*_{\mathfrak{P}^*} = K'_{\mathfrak{P}'} K_{\mathfrak{P}}$, donc $K^*_{\mathfrak{P}^*}/K'_{\mathfrak{P}'}$ (où $\mathfrak{P}$, $\mathfrak{P}'$, $\mathfrak{P}''$ sont des idéaux premiers des K, K', K'' que $\mathfrak{P}^*$ divise) est non ramifiée et K^*/K' l'est aussi. Donc K^*/K'' et K''/K' le sont aussi et $|D_{K''}|$ est égal à $|D_{K'}|^{(K'':K')} \leqq |D_{K'}|^n$. Le groupe de Takagi $H_{K^*/K''}$ de K^*/K'' en est un de classes d'idéaux, et il existe une telle classe $C \notin H_{K^*/K''}$ et un idéal $Q'' \in C$ tel que $N(Q'') \leqq |\sqrt{D_{K''}}|$; parmi les facteurs premiers de Q'', il en existe un $\mathfrak{P}'' \notin H_{K^*/K''}$, et on a $N(\mathfrak{P}'') \leqq N(Q'') \leqq |D_{K'}|^{n:2}$. Donc, si $\mathfrak{P}^*$ est un diviseur premier de $\mathfrak{P}''$ dans K^* et divise les idéaux premiers $\mathfrak{P}$, $\mathfrak{P}'$ des K, K' on a $K^*_{\mathfrak{P}^*} = K'_{\mathfrak{P}'} K_{\mathfrak{P}} = K'_{\mathfrak{P}'} \subseteq K''_{\mathfrak{P}''}$ et $\mathfrak{P}''$ se décompose complètement dans K^*. Contre l'hypothèse, on a $\mathfrak{P}'' \in H_{K^*/K''}$. Donc $K' \supseteq K$.

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Sur les parties réelle et imaginaire des formes minima d'une surface.* Note de M. **Louis Maneng**, présentée par M. Élie Cartan.

Les formes différentielles imaginaires, que M. V. Lalan appelle les *formes minima* (1), peuvent être introduites dans l'étude des surfaces réelles sans invoquer la théorie des lignes de longueur nulle.

Soit Φ la seconde forme quadratique fondamentale d'une surface dont ds^2 désigne l'élément linéaire; le faisceau $\Phi + \lambda\, ds^2$ contient deux formes de rang un, et deux seulement, à savoir

$$\Phi - a\,ds^2 \quad \text{et} \quad \Phi - c\,ds^2,$$

a et c désignant les deux courbures principales. En effet, si l'on utilise le

(1) *Comptes rendus*, 222, 1946, p. 632.

trièdre de Darboux, comme le fait M. E. Cartan [2], et si l'on désigne par ϖ_1, ϖ_2 les différentielles des arcs des lignes de courbure, on a

$$ds^2 = \varpi_1^2 + \varpi_2^2, \qquad \Phi = a\varpi_1^2 + c\varpi_2^2,$$

donc

$$\Phi - a\,ds^2 = (c-a)\varpi_2^2, \qquad \Phi - c\,ds^2 = (a-c)\varpi_1^2.$$

Supposons $a > c$ et posons, en nous limitant à une région sans ombilics,

$$\theta_1 = \sqrt{\Phi - c\,ds^2}, \qquad \theta_2 = \sqrt{a\,ds^2 - \Phi};$$

θ_1 et θ_2 sont deux formes linéaires réelles, grâce auxquelles les formes quadratiques s'écrivent

$$ds^2 = \frac{\theta_1^2 + \theta_2^2}{a-c}, \qquad \Phi = \frac{a}{a-c}\theta_1^2 + \frac{c}{a-c}\theta_2^2.$$

Par ailleurs, avec les formes minima ω_1 et ω_2, on a

$$ds^2 = \frac{4\omega_1\omega_2}{a-c}, \qquad \Phi = \omega_1^2 + 2\frac{a+c}{a-c}\omega_1\omega_2 + \omega_2^2.$$

La comparaison donne

$$2\omega_1 = \theta_1 + i\theta_2, \qquad 2\omega_2 = \theta_1 - i\theta_2.$$

Donc θ_1 et θ_2 *sont les parties réelle et imaginaire de la forme minima* ω_1.

Il suit de là que les invariants r et s, que M. Lalan introduits [3] par

$$d\omega_1 = r[\omega_1\omega_2], \qquad d\omega_2 = s[\omega_2\omega_1],$$

et qui, sur une surface réelle, sont imaginaires conjugués, peuvent se définir simplement à partir des formes θ_1 et θ_2. Posons, en effet,

$$d\theta_1 = \alpha[\theta_1\theta_2], \qquad d\theta_2 = \beta[\theta_2\theta_1],$$

et tenons compte des relations précédemment trouvées entre θ_1, θ_2, ω_1, ω_2; nous obtenons

$$2r[\omega_1\omega_2] = (\alpha - i\beta)[\theta_1\theta_2], \qquad 2s[\omega_2\omega_1] = (\alpha + i\beta)[\theta_1\theta_2].$$

Par ailleurs

$$2[\omega_1\omega_2] = -i[\theta_1\theta_2].$$

donc

$$r = \beta + \alpha i, \qquad s = \beta - \alpha i.$$

Donc, les *invariants simultanés* α *et* β *des formes* θ_1, θ_2 *sont respectivement les parties imaginaire et réelle de l'invariant* r.

---

(2) *Les systèmes différentiels extérieurs et leurs applications géométriques*, Paris, 1945, p. 128.

(3) *Comptes rendus*, **223**, 1946, p. 707.

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Sur les lois de probabilité à régression linéaire et écart type lié constant.* Note [1] de M^lles **Colette Rothschild** et **Édith Mourier.**

Soient X et Y deux variables aléatoires et $\varphi(u, v)$ la fonction caractéristique de l'ensemble (X, Y). On dit qu'il y a régression linéaire de Y en X si la valeur moyenne de Y sous la condition $X = x$ est une fonction linéaire de x, $M_x Y = ax + b$. En centrant X et Y on se ramène au cas $b = 0$. La droite $y = ax$ est la droite de régression de Y en X.

M. Darmois [2] a démontré que la condition nécessaire et suffisante pour avoir régression linéaire de Y en X est

$$\frac{\partial \varphi}{\partial v}(u, 0) = a_1 \frac{\partial \varphi}{\partial u}(u, 0). \tag{1}$$

Soit $\sigma_x(Y)$ l'écart moyen quadratique lié de Y sous la condition $X = x$. Supposant (1) vérifiée, la condition nécessaire et suffisante pour que σ_x soit une constante σ_1 indépendante de x est

$$\frac{\partial^2 \varphi}{\partial v^2}(u, 0) = a_1^2 \frac{\partial^2 \varphi}{\partial u^2}(u, 0) - \sigma_1^2\, \varphi(u, 0), \tag{2}$$

lorsque (1) et (2) sont vérifiées simultanément nous dirons qu'il y a régression linéaire de Y en X à σ lié constant.

Il y a régression linéaire de Y en X et de X en Y, à σ liés constants, si l'on a les relations (1) et (2) et aussi

$$\frac{\partial \varphi}{\partial u}(0, v) = a_2 \frac{\partial \varphi}{\partial v}(0, v), \tag{1'}$$

$$\frac{\partial^2 \varphi}{\partial u^2}(0, v) = a_2^2 \frac{\partial^2 \varphi}{\partial v^2}(0, v) - \sigma_2^2\, \varphi(0, v). \tag{2'}$$

Posons

$$\frac{\partial^2 \varphi}{\partial u^2}(0, 0) = -\mathfrak{M}X^2, \qquad \frac{\partial^2 \varphi}{\partial v^2}(0, 0) = -\mathfrak{M}Y^2,$$

on déduit par dérivation des relations (1) et (1′), et des relations (2) et (2′), si $a_1 a_2 \neq 1$,

$$\frac{\sigma_2^2}{\sigma_1^2} = \frac{\mathfrak{M}_y X^2}{\mathfrak{M}_x Y^2} = \frac{\mathfrak{M}X^2}{\mathfrak{M}Y^2} = \frac{a_2}{a_1}.$$

Si $a_1 = a_2$ les droites de régression sont symétriques par rapport à la

---

[1] Séance du 1er décembre 1947.

[2] Communication au Congrès de l'A. F. A. A. S., 1945. D'après une communication de M. le Professeur Neyman, des résultats analogues ont été obtenus récemment dans des recherches entreprises sous sa direction. Enfin, dans *Econometrica*, juillet, 1947, p. 245, le même résultat a été obtenu par C. Radhakrishna Rao.

première bissectrice. On vérifie aisément que la loi de Laplace-Gauss

$$\varphi(u, v) = e^{\frac{1}{2}(u^2+2ruv+v^2)}$$

est de ce type. On a : $a_1 = a_2 = r$ et $\sigma_1^2 = \sigma_2^2 = 1 - r^2$. Si $a_1 a_2 = 1$, les droites de régression sont confondues, $\sigma_1 = \sigma_2 = 0$, X et Y sont liées par une relation fonctionnelle $Y = aX$, presque sûre.

Application au schéma linéaire. — Supposons X et Y de la forme $X = e_1 + e_2$, $Y = e_1 + e_3$, e_1, e_2, e_3 étant 3 variables aléatoires indépendantes. Soient $\varphi(u, v)$, $\varphi_1(t)$, $\varphi_2(t)$, $\varphi_3(t)$ les fonctions caractéristiques du couple (X, Y) et des variables aléatoires e_1, e_2, e_3. On a : $\varphi(u, v) = \varphi_1(u+v)\varphi_2(u)\varphi_3(v)$. Supposons dans tout ce qui suit e_3 centrée. La relation (1) s'écrit

$$\varphi_2(u) = [\varphi_1(u)]^{\frac{1-a}{a}}. \tag{3}$$

Pour avoir une régression linéaire, φ_1 doit être telle qu'il existe a tel que $\varphi_1^{\frac{1-a}{a}}$ soit fonction caractéristique. Cette condition est remplie quel que soit a si la loi de e_1 est indéfiniment divisible ([3]). Si $\varphi_1 = \varphi_0^m$ et $\varphi_2 = \varphi_0^n$, n et m entiers positifs, on a régression linéaire de Y en X à coefficient de régression rationnel $a = m/(m+n)$.

La relation (2) s'écrit

$$(1-a^2)\varphi_1''\varphi_1 - 2a\varphi_1'\varphi_2' - a^2\varphi_1\varphi_2'' + [\varphi_3''(0) + \sigma^2]\varphi_1\varphi_2 = 0. \tag{4}$$

Les relations (3) et (4) donnent les conditions nécessaires et suffisantes de régression de Y en X linéaire à σ constant. Si e_2 n'existe pas ($\varphi_2 = 1$), elles sont vérifiées pour $a = 1$, φ_1 quelconque et $\sigma^2 = -\varphi_3''(0)$. Dans ce qui suit nous supposons $a \neq 1$. L'élimination de $\varphi_2(u)$ entre (3) et (4) donne pour déterminer $\varphi_1(u)$

$$(1-a)[\varphi_1\varphi_1'' - \varphi_1'^2] + [\varphi_3''(0) + \sigma^2]\varphi_1^2 = 0. \tag{5}$$

Une première intégration conduit à

$$\left[\frac{d}{du}\log\varphi_1\right]^2 = C - 2\frac{\varphi_3''(0) + \sigma^2}{1-a}\log\varphi_1,$$

il y a deux cas à distinguer

1. *Cas général* $\varphi_3''(0) + \sigma^2 \neq 0$. — On a $\varphi_3''(0) < 0$; $[\varphi_1\varphi_1'' - \varphi_1'^2]_{u=0} < 0$ ([4]), et $\varphi_1^2(0) = 1$ d'après (5), on doit avoir

$$\frac{\varphi_3''(0) + \sigma^2}{1-a} > 0. \tag{6}$$

Comme il faut $\varphi_1(0) = 1$, $|\varphi_1(u)| \leqq 1$, $\varphi_1(u)$ et $\varphi_1(-u)$ imaginaires conjugués,

---

([3]) Paul Lévy, *Théorie de l'addition des variables aléatoires.*

([4]) G. Kunetz, *Thèse*, Paris, 1937.

la seule solution possible s'écrit

$$(7)\qquad \varphi_1(u) = e^{-i\frac{\varphi_3''(0)+\sigma^2}{1-a}\beta_u} \cdot e^{-\frac{\varphi_3''(0)+\sigma^2}{1-a}u^2},$$

β réel avec la condition (6); e_1 est Laplacienne de moyenne $[(\varphi_3''(0)+\sigma^2)/(1-a)]\beta$ et de variance $[\varphi_3''(0)+\sigma^2]/(1-a)$. D'après (3) e_2, donc X, est également Laplacienne.

2. *Cas particulier* $\varphi_3''(0)+\sigma^2=0$. On obtient

$$(8)\qquad \varphi_1(u) = e^{-\lambda|u|} \qquad (\lambda \text{ réel} > 0),$$

e_1 et e_2 donc X sont des variables de Cauchy. En conclusion on a, dans le cas du schéma linéaire régression linéaire, à σ constant de Y en X si, et seulement si e_1 et e_2, donc X, sont des variables Laplaciennes ou de Cauchy, e_3 étant quelconque, centrée.

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Analyse harmonique des fonctions aléatoires et caractère stationnaire.* Note de MM. **André Blanc-Lapierre** et **Robert Fortet**, présentée par M. Émile Borel.

I. Définitions. — a étant un nombre complexe, nous désignerons par $\underset{(\varepsilon)}{a}$ (tous les ε vaudront $+1$ ou -1) le nombre a lui-même si $\varepsilon=+1$ et son conjugué harmonique $a^\star$ si $\varepsilon=-1$.

Nous dirons qu'une fonction aléatoire $x(\nu)[-\infty<\nu<+\infty]$ *est une fonction* $f_{(K)}$ (K entier >0) si, pour tout entier positif L, inférieur ou égal à K et pour tout groupe arbitraire $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \ldots, \varepsilon_L$, la somme

$$\int_{-\infty}^{+\infty}\cdots\int_{-\infty}^{+\infty}\left|\overline{\underset{(\varepsilon_1)}{dx(\nu_1)}\,\underset{(\varepsilon_2)}{dx(\nu_2)}\ldots\underset{(\varepsilon_L)}{dx(\nu_L)}}\right|$$

a une valeur finie.

Nous dirons qu'une fonction aléatoire $X(t)$ *est une fonction* $\Phi_{(K)}$ (K entier >0) *si elle peut se mettre sous la forme* (1)

$$(1)\qquad X(t) = \int_{-\infty}^{+\infty} e^{2\pi i\nu t}\,dx(\nu),$$

où $x(\nu)$ est une fonction $f_{(K)}$

Nous dirons qu'une fonction aléatoire $X(t)$ *est totalement stationnaire d'ordre* K (K entier >0) si, L étant un entier positif quelconque égal ou inférieur à K, $h_1, h_2, \ldots, h_L$ des constantes arbitraires et $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \ldots, \varepsilon_L$ un groupe quelconque de ε, on a identiquement en t et τ

$$(2)\qquad \overline{\underset{(\varepsilon_1)}{X(t+h_1)}\,\underset{(\varepsilon_2)}{X(t+h_2)}\ldots\underset{(\varepsilon_L)}{X(t+h_L)}} \equiv \overline{\underset{(\varepsilon_1)}{X(t+\tau+h_1)}\,\underset{(\varepsilon_2)}{X(t+\tau+h_2)}\ldots\underset{(\varepsilon_L)}{X(t+\tau+h_L)}}.$$

(1) M. Loève, *Comptes rendus*, 220, 1945, pp. 295-380.

II. Théorème. — *Si* $X(t)$ *est une fonction* $\Phi_{(\infty)}$, *c'est-à-dire si l'on a*

$$X(t)=\int_{-\infty}^{+\infty} e^{2\pi\nu i t}\,dx(\nu),$$

où $x(\nu)$ *est une fonction* $f_{(K)}$ *pour* K *arbitrairement grand, la condition nécessaire et suffisante pour que* $X(t)$ *soit totalement stationnaire d'ordre infini est que,* K' *étant un entier positif quelconque, et les* $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \ldots, \varepsilon_{K'}$ *étant arbitrairement choisis, l'élément différentiel :*

$$\overline{\underset{(\varepsilon_1)}{\underline{dx(\nu_1)}},\ \underset{(\varepsilon_2)}{\underline{dx(\nu_2)}},\ \ldots,\ \underset{(\varepsilon_{K'})}{\underline{dx(\nu_{K'})}}},$$

soit identiquement nul pour $\varepsilon_1\nu_1+\varepsilon_2\nu_2+\ldots\varepsilon_{K'}\nu_{K'}\neq 0$.

La démonstration repose sur les deux remarques suivantes :

a. Si $\Phi(t)$ est totalement stationnaire de tous ordres, alors, $\mathcal{F}_1, \mathcal{F}_2, \ldots, \mathcal{F}_K$ étant des filtres ([2]) *quelconques* (dont les gains uniformément bornés sont seulement soumis à certaines conditions de continuité), les transformées $\mathcal{F}_1[X(t)], \mathcal{F}_2[X(t)], \ldots, \mathcal{F}_K[X(t)]$ sont totalement stationnaires de tous ordres dans leur ensemble et réciproquement.

b. Si $\Phi(t)$ est totalement stationnaire de tous ordres, alors

$$(\mathcal{F}_1, \mathcal{F}_2, \ldots, \mathcal{F}_K;\ \varepsilon_1, \varepsilon_2, \ldots, \varepsilon_K) \quad \text{et} \quad (\mathcal{F}'_1, \mathcal{F}'_2, \ldots, \mathcal{F}'_{K'};\ \varepsilon'_1, \varepsilon'_2, \ldots, \varepsilon'_{K'})$$

étant *deux groupes quelconques de filtres et de* ε, les deux fonctions aléatoires

$$\underset{(\varepsilon_1)}{\underline{\mathcal{F}_1[X(t)]}}\,\underset{(\varepsilon_2)}{\underline{\mathcal{F}_2[X(t)]}}\ldots\underset{(\varepsilon_K)}{\underline{\mathcal{F}_K[X(t)]}} \quad \text{et} \quad \underset{(\varepsilon'_1)}{\underline{\mathcal{F}'_1[X(t)]}}\,\underset{(\varepsilon'_2)}{\underline{\mathcal{F}'_2[X(t)]}}\ldots\underset{(\varepsilon'_{K'})}{\underline{\mathcal{F}_{K'}[X(t)]}}$$

sont stationnairement corrélées et réciproquement.

III. Remarques. — *a*. La *stationnarité totale de tous ordres* n'entraîne la *stationnarité au sens strict* que dans la mesure où les moments définissent la fonction de répartition.

b. Nous avons donné dans une Note antérieure, la condition nécessaire et suffisante pour qu'il y ait stationnarité au sens strict dans le cas de fonctions aléatoires à *spectre totalement discontinu* ([3]). Ce résultat a d'ailleurs été étendu depuis par M. P. Lévy ([4]) aux fonctions aléatoires du type

$$\sum_{(\nu)} \rho_\nu\, e^{i\omega_\nu t+\varphi_\nu},$$

où le Σ s'étend à une infinité dénombrable de termes, les φ_ν et les ρ_ν étant aléatoires, et c'est là le point nouveau introduit par M. P. Lévy, *les* ω_ν *pouvant eux aussi être aléatoires*.

([2]) A. Blanc-Lapierre et R. Fortet, *Comptes rendus*, **222**, 1946, pp. 467 et 713.

([3]) A. Blanc-Lapierre et R. Fortet, *Comptes rendus*, **222**, 1946, p. 1155.

([4]) *L'analyse harmonique des fonctions aléatoires stationnaires. Colloque sur l'analyse harmonique*, Nancy, juin 1947.

AÉRODYNAMIQUE. — *Sur les caractéristiques aérodynamiques des ailes rectangulaires en dérive et à axe parabolique.* Note [1] de MM. **Elie Carafoli** et **Nicolas Tipei.**

Soient Ox l'axe parallèle à la vitesse dans le plan de l'aile et Oy l'axe normal, dans le même plan, parallèle à la direction générale de l'envergure.

Supposons, pour simplifier, une intensité tourbillonnaire $\partial\Gamma/\partial x$ constante le long de la corde, pour une section d'aile située à une distance y du milieu. En prenant pour axe la ligne médiane de l'aile, si b est l'envergure, λ l'allongement, $\delta\eta$ l'angle de dérive au point d'ordonnée η sur Oy, V_0 la vitesse du courant, et si l'on fait le changement de variable $\eta = -(b/2)\cos\psi$, on trouve *l'angle induit supplémentaire* par rapport à l'aile droite ($\delta\eta = 0$), dont l'expression en un point $y = -(b/2)\cos\varphi$ est donnée par la formule [F. Weinig, *Schiebende und gepfeilte Traflügel* (*Luftfahrtforschung*, 20 février 1937)]

$$(1) \qquad \varepsilon = -\frac{1}{2\pi i V_0}\int_0^\pi \frac{\operatorname{tg}\delta\psi \dfrac{d\Gamma}{d\psi}}{\sqrt{1+\lambda^2(\cos\varphi-\cos\psi)^2}}\,d\psi.$$

1. *Aile en dérive.* — La formule (1) donne pour l'aile rectangulaire en dérive ($\delta = \lambda$), en considérant la valeur Γ constante le long de l'envergure, hypothèse en bon accord avec les résultats théoriques et expérimentaux,

$$(2) \qquad \varepsilon_d = \frac{\operatorname{tg}\delta\lambda A_1}{4}\left(\frac{1}{\sqrt{1+\lambda^2(1+\cos\varphi)^2}} + \frac{1}{\sqrt{1+\lambda^2(1-\cos\varphi)^2}}\right).$$

La parenthèse de la formule (2) peut être développée en un polynome trigonométrique en $\cos\varphi, \ldots, \cos n\varphi$, ce qui nous permet d'appliquer la méthode de E. Carafoli [2], pour la détermination des coefficients $A'_1 \ldots A'_n$ dus à l'angle de dérive δ. En désignant par $\mu_0 = k/2\lambda = 0{,}87\,\pi/2\lambda$, on trouve respectivement :

$$(3) \qquad \left\{\begin{aligned}
A'_2 &= (0{,}0779\lambda - 0{,}0025\lambda^2 - 0{,}3048\sqrt[3]{\lambda})\,\lambda\,\frac{\mu_0}{2\mu_0+0{,}44}\,\frac{\operatorname{tg}\delta}{2}\,\frac{C_z}{\pi\lambda},\\
A'_4 &= \frac{0{,}1943\,A'_2 - 0{,}0396\,\lambda\sqrt[3]{\lambda}\,\dfrac{\operatorname{tg}\delta}{2}\,\dfrac{C_z}{\pi\lambda}}{4\mu_0+0{,}63},\\
A'_6 &= \frac{0{,}1939\,A'_4 + 0{,}02675\,A'_2 - 0{,}0323\,\lambda\sqrt[3]{\lambda}\,\mu_0\,\dfrac{\operatorname{tg}\delta}{2}\,\dfrac{C_z}{\pi\lambda}}{6\mu_0+0{,}632},\\
&\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots,\\
A'_{2p} &= \frac{0{,}1930\,A'_{2p-2} + 0{,}2675\,A'_{2p-4}}{2p\mu_0+0{,}640},\\
&\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots
\end{aligned}\right.$$

---

(1) Séance du 1er septembre 1947.

(2) *Théorie des ailes d'envergure finie* (*Analele Academiei Române*, série III, **20**, mem. 4, 1945, pp. 53-59).

2. *Aile parabolique.* — D'après la formule (1), si f et la flèche de l'arc parabolique d'ouverture b, on a

$$(4)\qquad \varepsilon_d = \frac{f\lambda A_1}{2b}\left(\frac{1-\cos\varphi}{\sqrt{1+\lambda^2(1+\cos\varphi)^2}} + \frac{1+\cos\varphi}{\sqrt{1+\lambda^2(1-\cos\varphi)^2}}\right).$$

En observant que pour les ailes symétriques les coefficients sont impairs ($n = 2p+1$) et en appliquant toujours la même méthode, on obtient

$$(5)\qquad \left\{\begin{aligned}
A'_1 &= \frac{4,197 - 2,633\sqrt[3]{\lambda} + 0,2231\lambda - 0,00353\lambda^2}{\mu_0 + 0,8231}\,\frac{f\lambda\,\mu_0}{2b}\,\frac{C_z}{\pi\lambda},\\
A'_3 &= \frac{0,1678A'_1 + (0,50\sqrt[3]{\lambda} - 0,078\lambda + 0,00123\lambda^2)\dfrac{\mu_0\lambda}{2b}\dfrac{C_z}{\pi\lambda}}{3\mu_0 + 0,6312},\\
A'_5 &= \frac{0,194A'_3 + 0,0267A'_1 + 0,124\lambda\sqrt[3]{\lambda}\,\mu_0\dfrac{f}{2b}\dfrac{C_z}{\pi\lambda}}{5\mu_0 + 0,6345},\\
A'_7 &= \frac{0,1938A'_5 + 0,0267A'_3 + 0,075\lambda\sqrt[3]{\lambda}\,\mu_0\dfrac{f}{2b}\dfrac{C_z}{\pi\lambda}}{7\mu_0 + 0,638},\\
&\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots,\\
A'_{2p+1} &= \frac{0,1932A'_{2p-1} + 0,0267A'_{2p-3}}{(2p+1)\mu_0 + 0,6405}.
\end{aligned}\right.$$

Dans le calcul des coefficients ci-dessous on a négligé l'influence du tourbillon courbe lié, les vitesses induites par ce tourbillon aux différents points de l'axe étant très réduites.

Remarque. — L'arc parabolique peut être assimilé, si la flèche f/b n'est pas trop grande, à l'arc circulaire. Les formules (5) sont valables dans ce cas pour l'aile circulaire également, la relation qui relie l'angle θ, au centre, à la flèche étant

$$\frac{f}{b} = \frac{1}{2}\,\mathrm{tg}\,\frac{\theta}{4} = \frac{\theta}{8}.$$

HYDRODYNAMIQUE. — *Sur les équations du mouvement des fluides parfaits.* Note de M. **Henri Pailloux**, présentée par M. Jean Chazy.

Nous allons mettre les équations de l'Hydrodynamique sous une forme très voisine de l'équation de continuité, en variables d'Euler. Il en résulte immédiatement, sous forme intégrale, le théorème d'Euler sous sa forme la plus générale.

Nous partirons de l'identité

$$\frac{\partial}{\partial x}\rho u^2+\frac{\partial}{\partial y}\rho uv+\frac{\partial}{\partial z}\rho uw+\frac{\partial}{\partial t}\rho u$$
$$=u\left(\frac{\partial}{\partial x}\rho u+\frac{\partial}{\partial y}\rho v+\frac{\partial}{\partial z}\rho w+\frac{\partial}{\partial t}\rho\right)+\rho\left(u\frac{\partial u}{\partial x}+v\frac{\partial u}{\partial y}+w\frac{\partial u}{\partial z}+\frac{\partial u}{\partial t}\right),$$

dont le second membre se simplifie grâce à l'équation de continuité. On y reconnaît, de plus, la projection de l'accélération sur l'axe des x. Nous avons alors le système d'équations suivant entre les cinq fonctions u, v, w, p, ρ, auquel il faut adjoindre l'équation d'état

$$(1)\quad \begin{cases} \dfrac{\partial}{\partial x}(p+\rho u^2)+\dfrac{\partial}{\partial y}\rho uv+\dfrac{\partial}{\partial z}\rho uw+\dfrac{\partial}{\partial t}\rho u=\rho X, \\ \dfrac{\partial}{\partial x}\rho uv+\dfrac{\partial}{\partial y}(p+\rho v^2)+\dfrac{\partial}{\partial z}\rho vw+\dfrac{\partial}{\partial t}\rho v=\rho Y, \\ \dfrac{\partial}{\partial x}\rho uw+\dfrac{\partial}{\partial y}\rho vw+\dfrac{\partial}{\partial z}(p+\rho w^2)+\dfrac{\partial}{\partial t}\rho w=\rho Z, \\ \dfrac{\partial}{\partial x}\rho u+\dfrac{\partial}{\partial y}\rho v+\dfrac{\partial}{\partial z}\rho w+\dfrac{\partial}{\partial t}\rho=0. \end{cases}$$

On peut donner à ce système une forme plus remarquable, et presque symétrique, par le changement de notations

$$\begin{array}{lll} x_1=x, & u_1=u\sqrt{\rho}, & F_1=\rho X, \\ x_2=y, & u_2=v\sqrt{\rho}, & F_2=\rho Y, \\ x_3=z, & u_3=w\sqrt{\rho}, & F_3=\rho Z, \\ x_4=t, & u_4=\sqrt{\rho}, & \end{array}$$

où le vecteur F_1, F_2, F_3 est la force agissant sur l'unité de masse. Le système (1) devient

$$\begin{aligned} &\frac{\partial}{\partial x_1}(p+u_1^2)+\frac{\partial}{\partial x_2}u_1u_2+\frac{\partial}{\partial x_3}u_1u_3+\frac{\partial}{\partial x_4}u_1u_4=F_1, \\ &\frac{\partial}{\partial x_1}u_1u_2+\frac{\partial}{\partial x_2}(p+u_2^2)+\frac{\partial}{\partial x_3}u_2u_3+\frac{\partial}{\partial x_4}u_2u_4=F_2, \\ &\frac{\partial}{\partial x_1}u_1u_3+\frac{\partial}{\partial x_2}u_2u_3+\frac{\partial}{\partial x_3}(p+u_3^2)+\frac{\partial}{\partial x_4}u_3u_4=F_3, \\ &\frac{\partial}{\partial x_1}u_1u_4+\frac{\partial}{\partial x_2}u_2u_4+\frac{\partial}{\partial x_3}u_3u_4+\frac{\partial}{\partial x_4}u_4^2=0. \end{aligned}$$

La dissymétrie de la dernière équation provient de l'absence d'un terme en $\partial p/\partial x_4$ et de l'absence du second membre.

Le système (1) est facile à mettre sous forme intégrale. Laissant de côté les cas d'une et de deux dimensions spatiales, considérons le cas de l'espace ordinaire : multiplions chacune des trois premières équations par $dx\,dy\,dz\,dt$, et intégrons dans un volume donné à quatre dimensions de l'espace à quatre

dimensions x, y, z, t : nous désignons ce volume par Ω et par Σ sa frontière. Les équations (1) se prêtent à l'intégration et donnent des intégrales triples prises sur la frontière Σ,

$$\iiint_\Sigma \rho u\,(u\,dy\,dz + v\,dz\,dx + w\,dx\,dy)\,dt + \iiint_\Sigma p\,dy\,dz\,dt$$
$$= \iiint_\Sigma \rho u\,dx\,dy\,dz + \iiiint_\Omega \rho X\,dx\,dy\,dz\,dt,$$
$$\iiint_\Sigma \rho v\,(u\,dy\,dz + v\,dz\,dx + w\,dx\,dy)\,dt + \iiint_\Sigma p\,dz\,dx\,dt$$
$$= \iiint_\Sigma \rho v\,dx\,dy\,dz + \iiiint_\Omega \rho Y\,dx\,dy\,dz\,dt,$$
$$\iiint_\Sigma \rho w\,(u\,dy\,dz + v\,dz\,dx + w\,dx\,dy)\,dt + \iiint_\Sigma p\,dx\,dy\,dt$$
$$= \iiint_\Sigma \rho w\,dx\,dy\,dz + \iiiint_\Omega \rho Z\,dx\,dy\,dz\,dt;$$

soit, sous une forme vectorielle,

$$\iiint_\Sigma \rho\vec{V}(\vec{V}.\vec{d\sigma})\,dt + \iiint_\Sigma p\,\vec{d\sigma}\,dt = \iiint_\Sigma \rho\vec{V}\,d\tau + \iiiint_\Omega \rho\vec{F}\,d\tau\,dt.$$

Dans le cas d'un mouvement permanent, et pour un hypercylindre de génératrices parallèles à l'axe des temps, on retrouve la forme classique du théorème d'Euler et ses différentes extensions aux mouvements périodiques. Ici, la section du volume Ω pour laquelle t a une valeur constante est un volume fluide au sens habituel, variable, qui naît, se développe et disparaît.

La forme différentielle donnée aux premiers membres des équations (1), comme sommes de quatre dérivées, peut s'étendre aux mouvements d'un corps élastique ou d'un fluide visqueux.

ASTROPHYSIQUE. — *Sur la solution du problème des atmosphères modèles où le coefficient d'absorption est une fonction quelconque de la fréquence.* Note [1] de M. **Vladimir Kourganoff**, présentée par M. Bernard Lyot.

Nous nous proposons d'aborder, par une extension de la méthode *variationnelle* [2], le problème fondamental du cas réel où le coefficient d'absorption $\varkappa_\nu$ est une *fonction quelconque de la fréquence*, dans une atmosphère pour laquelle g, T_e et la composition chimique sont donnés.

Désignons par f_p, φ_p, Φ_p et w_r, des *fonctions connues*, ou aisément calculables, de leurs arguments.

---

(1) Séance du 3 novembre 1947.

(2) *Comptes rendus*, **225**, 1947, p. 491. Note désignée ci-dessous par III. Voir aussi J. Le Caine, *Phys. Rev.*, **72**, 1947, p. 564.

La théorie de l'ionisation donne $P_G = f_1(T, P_e)$; $\bar{\mu} = f_2(T, P_e)$; et $\rho = f_3(T, P_e)$. Des tables établies au moyen de la « moyenne de Rosseland » donnent $T = f_0(x)$, que nous adopterons comme « champ des températures » de première approximation, en vue d'une *itération*. En éliminant T, on trouve $P_G = f_4(x, P_e)$ et $\rho = f_5(x, P_e)$.

L'expression rigoureuse de l'équilibre mécanique est donnée par l'équation

$$\frac{dP_G}{dx} + \frac{1}{c}\frac{dK}{dx} = -g\rho, \qquad \left(K = \frac{1}{2}\int_0^\infty \int_{-1}^{+1} I_\nu \mu^2 \, d\mu \, d\nu\right) \tag{1}$$

et, en première approximation, $3K = caT^4$. Rappelons enfin que dans une atmosphère $g = \text{const.}$ L'équation (1) se transforme aisément en une équation du premier ordre $dP_e/dx = f_6(x, P_e)$ dont la solution donne $P_e = f_7(x)$. D'où également $\rho = f_8(x)$.

La mécanique quantique donne $\varkappa_\nu = f_9(\nu, T, \rho)$, que nous pouvons désormais transformer en $\varkappa_\nu = f_{10}(\nu, x)$. D'où la profondeur optique $\tau_\nu = f_{11}(x, \nu)$.

Utilisons l'équation de transfert sous la forme intégrale, due à Milne ([3]),

$$\mathcal{F}_\nu(\tau_\nu) = 2\int_{\tau_\nu}^{\infty} J_\nu(t)\, K_2(t - \tau_\nu)\, dt - 2\int_0^{\tau_\nu} J_\nu(t)\, K_2(\tau_\nu - t)\, dt \tag{2}$$ (notations d'Unsöld).

Considérons un système de *fonctions de base donné* $\varphi_p(\tau_\nu)$, et posons

$$J_\nu(\tau_\nu) = \text{« fonction source »} = \text{Ergiebigkeit} = \sum_{p=1}^{N} A_p(\nu)\, \varphi_p(\tau_\nu). \tag{3}$$

Les $A_p(\nu)$ représentent, pour chaque fréquence ν, un ensemble de N constantes *inconnues*. Substituant le développement (3) dans (2), il vient

$$\mathcal{F}_\nu(\tau_\nu) = \sum_{p=1}^{N} A_p(\nu)\, \Phi_p(\tau_\nu). \tag{4}$$

Effectuons les intégrations par rapport à ν par une formule d'intégration numérique de la forme

$$\int_0^\infty H(\nu)\, d\nu = \sum_{i=1}^{n} \beta_i H(\nu_i) \tag{5}$$

avec des β_i et des ν_i déterminés par la méthode d'intégration adoptée ([4]).

Si l'on pose alors, pour abréger l'écriture, $y_r = A_p(\nu_i)$ et $w_r(x) = \beta_i \Phi_p(\tau_{\nu_i})$,

([3]) Cf. par exemple, E. Hopf, *Cambridge mathematical tracts*, n° **31**, p. 22, éq. (54).

([4]) Cf. par exemple A. Reiz. *Ark. f. Mat. Astr. och Fysik*, Bd. **29**, A, n° **29**, Stockholm, 1943.

avec $r=i+n(p-1)$ et $\tau_{\nu_i}=f_{11}(x,\nu_i)$, il vient

(6) $$\mathcal{F}(x)=\text{flux intégré}=\int_0^\infty \mathcal{F}_\nu(\tau_\nu)\,d\nu=\sum_{r=1}^{R=nN} w_r y_r,$$

et la condition de la conservation du flux, exprimée par le minimum de l'intégrale σ (cf. III), fournit les *équations normales*

(7) $$\sum_r D_{sr} y_r = FE_s \qquad (s,\ r=1,\ 2,\ 3,\ \ldots,\ R),$$

où

(8) $$D_{sr}=\int_0^\infty w_s(x)w_r(x)\,dx, \qquad E_s=\int_0^\infty w_s(x)\,dx, \qquad F=aT_e^4.$$

D'où, en désignant par $\|\overline{D}_{sr}\|$ la matrice inverse de $\|D_{sr}\|$,

(9) $$y_r=F\sum_s E_s\overline{D}_{sr}.$$

Nous adoptons l'hypothèse de l'équilibre thermodynamique local, qui s'exprime par $J_\nu(\tau_\nu)=B_\nu(T)=$ Fonction de Planck. On trouve alors aisément, en appliquant (5) à (3), et en tenant compte de ce que $B=aT^4$ et $F=aT_e^4$,

(10) $$\boxed{T^4=T_e^4\sum_s\sum_r E_s\overline{D}_{sr}\,\overline{\varphi}_r(x)} \qquad \text{où} \quad \overline{\varphi}_r(x)=\beta_i\varphi_p(\tau_{\nu_i}).$$

Le nouveau champ des températures, défini par (10), doit être, pour des raisons physiques, plus proche du champ réel que le champ provisoire $T=f_0(x)$. On procédera ensuite par *itération*, en faisant jouer au champ (10) le rôle de $f_0(x)$. L'hypothèse de travail de la convergence du procédé se contrôlera automatiquement par la comparaison des champs successifs.

Notons qu'à partir du *deuxième tour* d'itération, on pourra évaluer rigoureusement le terme en K de (1), car on pourra trouver K en fonction de x, en utilisant l'expression de K_ν en fonction de J_ν (cf. Hopf, *loc. cit.*, p. 22) et les formules (5), (3) et (9), ou, encore, en utilisant la relation $4dK/dx=\int_0^\infty \varkappa_\nu \mathcal{F}_\nu d\nu$ avec (5) et (9).

La méthode dont nous venons d'esquisser les grandes lignes possède l'avantage d'être tout à fait *générale*, ce qui constitue un progrès considérable sur les autres méthodes proposées jusqu'ici.

ASTROPHYSIQUE. — *Les isotopes du carbone et de l'azote dans les étoiles de classe* R *et* N. Note [1] de Mme **Alice Daudin** et M. **Charles Fehrenbach**, présentée par M. Bernard Lyot.

Dans une Note précédente [2], nous avons signalé l'existence de l'isotope C^{13} du carbone dans certaines étoiles des classes R et N.

Reprenant cette étude sur des spectres à plus grande dispersion, nous avons confirmé l'existence de C^{13} dans les bandes de Swan et dans le système rouge de CN. Les nouveaux spectres montrent certains détails de structure que nous pouvons attribuer aux molécules $C^{12}N^{15}$ et $C^{13}N^{15}$. L'enregistrement ci-joint montre en 1, 2, 3 les branches R_1, R_2, Q_1 de la molécule $C^{12}N^{14}$ en 1′, 2′, 3′ les sommets correspondants de $C^{13}N^{14}$ et en *a*, *b*, *c* ceux de $C^{12}N^{15}$. Les sommets $C^{13}N^{15}$ sont bien visibles, nettement à droite des sommets précédents.

Nous avons mesuré, sur les microphotogrammes, les déplacements isotopiques Δx (en mm) entre les sommets principaux dus à $C^{12}N^{14}$ et les sommets secondaires attribués par nous à $C^{12}N^{15}$ et $C^{13}N^{15}$ respectivement.

Le tableau ci-joint donne les résultats de nos mesures : les nombres correspondent aux trois branches R_2, R_1, Q_1.

Nous indiquons aussi les moyennes :

		19 Psc.		W Ori.		U.U Aur.		S Cep		Valeur théorique.
Bande (5,1)	$C^{12}N^{15}$..	9,2 9,3 9,2	9,2	9,0 8,7	8,9	8,9 8,7 8,8	8,8			8,9
	$C^{13}N^{15}$..	20,8 20,4 20,4	20,5	20,5 21,5	21,0	21,1 20,9	21,0			21,5
» (7,3)	$C^{12}N^{15}$..	6,1 7,5	6,8	7,2 6,9	7,1					7,1
» (3,0)	$C^{12}N^{15}$..	7,0 6,7	6,8	7,2 6,5	6,8	7,0 6,7	6,8			6,3
	$C^{13}N^{15}$..	15,2 14,2	14,7	15,3 14,8	15,1		14,8			14,9
» (4,1)	$C^{12}N^{15}$..	6,4	6,4	6,6 5,7 5,9	6,1	6,0 5,8 5,5	5,8	6,7 6,0 6,2	6,3	5,9
	$C^{13}N^{15}$..	13,6 13,6 13,4	13,5	13,8 13,8	13,8	13,8 13,8	13,8	13,5 13,6	13,5	14,1

Avec les valeurs du tableau, nous pouvons calculer les quantités $(\rho - 1)$

---

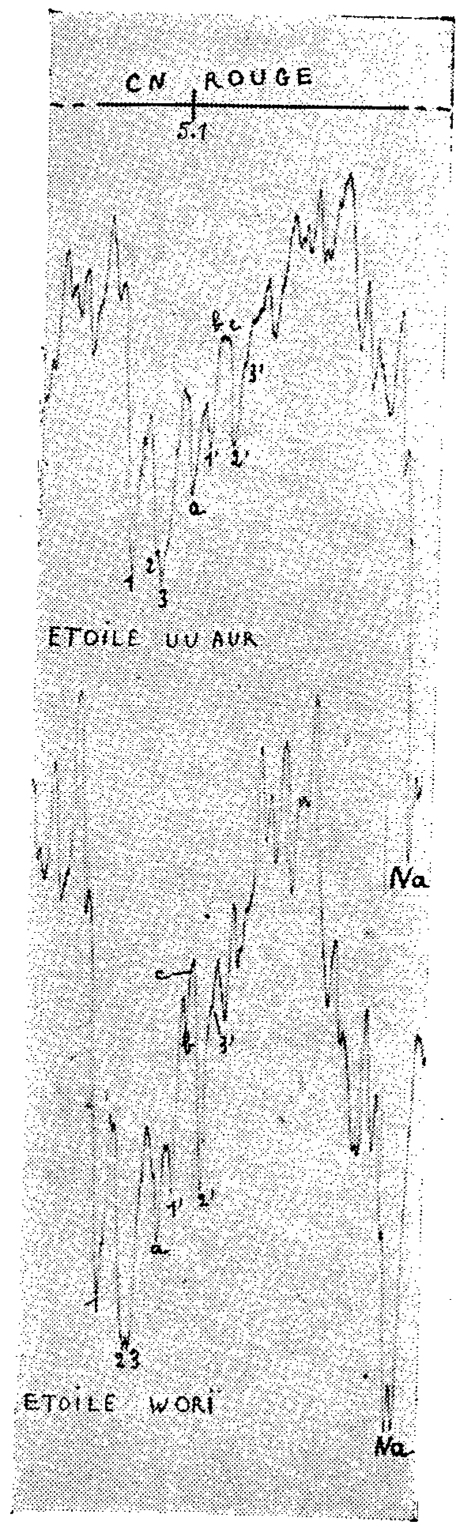
[1] Séance du 17 novembre 1947.

[2] *Comptes rendus*, **222**, 1946, p. 1083.

voir notre Note précédente ([2])] et les comparer aux valeurs théoriques.

	$C^{12}N^{15}$.	$C^{13}N^{14}$.	$C^{13}N^{15}$.
$(\rho - 1)_{obs.}$	$-0,0157$	$-0,0200$	$-0,0360$
$(\rho - 1)_{théor.}$	$-0,0154$	$-0,0209$	$-0,0368$

D'après ces résultats numériques, la présence de N^{15} semble très probable;



de plus les atomes C^{12}, C^{13}, N^{14} et N^{15} expliquent toutes les absorptions visibles dans la région centrale de la bande. Comme C^{13}, l'atome N^{15} est stable et sa présence ici n'est pas surprenante.

La mesure des intensités des bandes n'est pas facile (fond continu mal défini sur nos enregistrements, courbe de croissance inconnue). Néanmoins il semble bien que le rapport des intensités N^{15}/N^{14} est inférieur au rapport C^{13}/C^{12}. Si l'on suppose que le nombre d'atomes est proportionnel aux intensités, on trouve des rapports N^{15}/N^{14} compris entre 0,1 et 0,3. L'abondance de N^{15} est donc bien plus forte dans ces étoiles que sur la Terre. Ce résultat important doit être

vérifié. Notre identification n'est basée que sur l'excellent accord numérique entre les valeurs théoriques et expérimentales de $(\rho - 1)$. Comme le montre notre enregistrement, les intensités dans les bandes isotopiques ne sont pas exactement les mêmes que dans les bandes principales. Cette objection ne nous paraît pas très grave, à cause de la complexité de la structure de ces bandes.

L'analyse des bandes avec une plus grande dispersion s'impose. Elle permettra de rechercher l'atome radioactif C^{14} qu'on semble deviner sur certains enregistrements.

ASTROPHYSIQUE. — *Utilisation du télescope électronique en photométrie stellaire.* Note de MM. **André Lallemand** et **François Lenouvel**, présentée par M. Bernard Lyot.

Dans ces dernières années, la cellule à multiplicateurs d'électrons a permis d'effectuer des mesures photométriques précises s'étendant à des étoiles faibles. Cette méthode ne permet cependant que l'observation d'une seule étoile exigeant un pointage précis et contrôlé de l'instrument d'observation. Le télescope électronique, tout en conservant une sensibilité spectrale aussi étendue que la cellule à multiplicateurs d'électrons, permet de réaliser un récepteur extrêmement sensible dont le champ étendu permet une identification et une exploration beaucoup plus rapide du ciel. D'autre part le télescope électronique, reconstituant des images, permet une interprétation facile de ce que l'on observe : tout dérangement causé par de mauvais isolements, des émissions parasites d'électrons est immédiatement visible, ce qui n'est pas toujours le cas lorsqu'on utilise une cellule à multiplicateurs d'électrons.

L'un de nous a pu réaliser une série d'observations à l'Observatoire de Haute-Provence, en utilisant un télescope électronique. L'appareil est constitué par une photocathode semi-transparente dont la sensibilité spectrale s'étend jusqu'à $1^{\mu},2$; une lentille électrostatique reproduit l'image électronique de la photocathode sur un écran fluorescent qui en restitue une image visible de couleur verte. A côté de l'image stellaire formée sur la photocathode, on peut juxtaposer l'image d'une étoile artificielle dont la magnitude est ajustable à l'aide d'un coin photométrique. On peut comparer très aisement, sur l'écran fluorescent, les deux images et leur donner un aspect identique en agissant sur le coin photométrique; on peut mesurer ainsi le flux de l'étoile observée.

Cette mesure est grandement facilitée par le fait que l'écran fluorescent reconstitue deux images ayant une couleur et un aspect identiques quelle que soit la composition spectrale de l'astre observé, ce que l'on ne peut jamais obtenir par des méthodes purement visuelles. Lorsque l'observation porte sur une étoile faible, le fond lumineux de l'écran gêne la mesure en diminuant la visibilité de l'étoile et peut la faire disparaître. Le fond lumineux est produit par les électrons qui s'échappent de la surface entière de la photocathode, c'est

une émission d'origine thermique qui obéit à la loi de Richardson. Pour la faire disparaître et améliorer la sensibilité du télescope électronique, il faut refroidir la photocathode. Ceci a été réalisé en plaçant le télescope électronique dans une enceinte refroidie par de petits blocs de neige carbonique. La formation de buée et de givre sur les faces d'entrée de la lumière a été évitée en rechauffant électriquement ces faces.

Les observations ont porté surtout sur les étoiles rouges de classe C et M, pour lesquelles la sensibilité spectrale du télescope était particulièrement bien adaptée. On pouvait d'ailleurs limiter le domaine spectral étudié au moyen des filtres de Schott RG^4 et UG^7, soit de $0^{\mu},7$ à $1^{\mu},2$ et de $0^{\mu},9$ à $1^{\mu},2$; il est possible aussi de projeter sur la photocathode le spectre de l'étoile et d'effectuer des mesures spectrophotométriques.

Le télescope électronique constitue donc un moyen commode d'étudier le rayonnement émis par les étoiles dans la bande infrarouge de $0^{\mu},8$ à $1^{\mu},4$. Il est plus particulièrement adapté à l'étude des étoiles variables des classes C et M. Dans les conditions où nous l'avons utilisé, il permet encore d'observer des étoiles de magnitude visuelle 14 et de spectre M8 avec un miroir de $0^{m},80$. Les résultats des observations seront donnés dans une prochaine Note.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *A propos du calcul pratique de la limite d'une variable.* Note de M. **Pierre Vernotte**, présentée par M. Aimé Cotton.

Dans une Note antérieure ([1]) nous avons examiné diverses solutions possibles de ce problème du calcul des valeurs-limites, que nous avons rencontré surtout dans la sommation des *séries divergentes* telles que celles introduites par les équations différentielles de certains problèmes difficiles de chaleur. La méthode, comme on l'a dit, consistait, une fois que, par nos méthodes ([2]), la série était mise sous la forme d'un développement asymptotique de première espèce, à déterminer la limite de la somme s_n des n premiers termes du développement, dont on ne retient que la première partie, d'apparence convergente. Un problème difficile se pose quand s_n a une allure *ondulée*; alors on sépare le développement en *deux* développements partiels, d'allure continue, représentés chacun par une expression limitée suivant les puissances de n^{-1}; et c'est d'une *moyenne* entre l'un deux et une *interpolation* de l'autre, que l'on cherche à déduire la limite, cette moyenne étant mise elle aussi sous la forme d'une expression limitée en n^{-1}. (On recommence s'il subsiste un peu d'ondulation.)

On peut *améliorer* le procédé de diverses manières. En donnant un *poids*

([1]) P. Vernotte, *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 1546.

([2]) P. Vernotte, *Théorie et pratique des séries divergentes* (*Publications scientifiques et Techniques du Ministère de l'Air*, n° 207).

différent aux deux suites dont on cherche la moyenne, on peut augmenter beaucoup *l'approche* visible vers la limite. On augmente encore la rapidité de la convergence de cette moyenne en formant les expressions limitées partielles susdite suivant les puissances négatives des binomes *distincts* $(N+n)$ et $(M+n)$ qui tiennent mieux compte de l'allure propre de chacune d'elles, et non plus seulement les puissances négatives de n. Il arrivera ainsi, souvent, qu'on aura la limite en prenant la *moyenne* des dernières valeurs trouvées pour la moyenne pondérée.

Bien entendu, de telles procédures n'auraient aucun sens si les branches descendantes de nos développements asymptotiques n'étaient pas effectivement *représentables* par des expressions du type indiqué; et cela peut fort bien arriver, le point à *l'infini* étant généralement, pour une fonction, une singularité *essentielle*. Mais on peut dire que, lorsque l'allure n'a pas la neutralité qui permette cette représentation en n^{-1}, on le sait généralement à l'avance.

Quand on doit calculer avec une grande précision une valeur qui *interpole* des ordonnées expérimentales, le plus sage est généralement d'utiliser une *expression* analytique traduisant bien l'allure de l'expérience, et nous avons donné jadis ([3]) une formule à *cinq* termes particulièrement heureuse. Mais ici une telle méthode ne conviendrait pas, car il s'agit d'une *extrapolation* : c'est seulement *dans* l'intervalle donné que l'allure est correctement représentée, et les applications de la formule que nous avons tentées à l'infini ont été *désastreuses*.

C'est parce qu'une expression formée suivant les puissances négatives de n ou de $(N+n)$ est bien *neutre*, qu'on peut espérer trouver une valeur assez correcte de la limite par son *terme constant*. Il y a un procédé très simple pour le calculer *séparément*. Si l'on a utilisé des n^{-i}, jusqu'à n^{-p}, on forme la différence p^e des ordonnées y_i préalablement multipliées par i^p, et l'on divise le résultat par $p!$

Mais l'emploi de cette représentation en n^{-i}, bien neutre, ne peut donner de bons résultats que si les données présentaient *la même* neutralité. Si elles esquissent un maximum ou une inflexion, cette *minuscule* perturbation va complètement changer l'extrapolation à l'infini, et la valeur-limite trouvée sera *très différente* de celle qu'on attendait.

Si les diverses *recettes* que nous indiquons échouent, en ce qu'elles conduisent à une valeur-limite inadmissible, on doit considérer qu'il *n'y* a *aucun* remède, et que l'on échoue parce qu'on cherche la limite d'une variable *mal choisie*, dont l'allure s'avérerait profondément *irrégulière* si le nombre des données était *plus* grand. Le remède est de former *une autre* variable. Par exemple, si le problème était de sommer une série divergente, c'est que la

([3]) *Comptes rendus*, **210**, 1940, p. 329.

méthode employée pour la ramener à un développement asymptotique de première espèce était trop *brutal*, et qu'on avait voulu rendre trop *convergent* le début du développement.

ÉLECTRICITÉ. — *Affaiblissements dans les lignes composées.* Note [1] de M. **Philippe Marmet.**

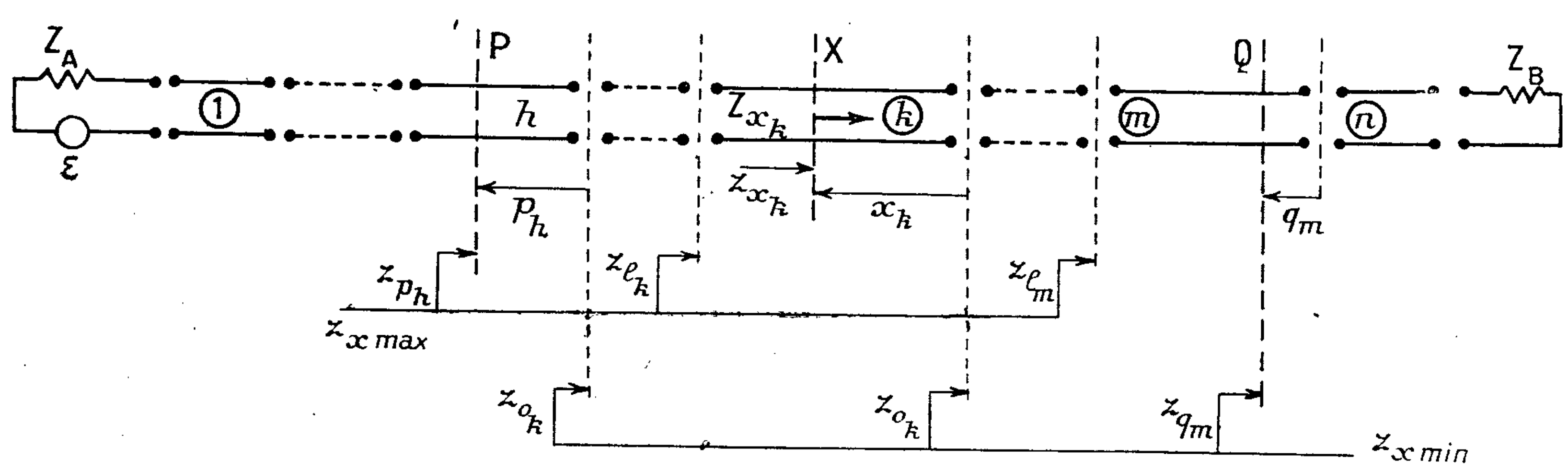
On appellera ligne composée une suite AB de n lignes homogènes fermée sur des impédances $\mathfrak{Z}_A$ et $\mathfrak{Z}_B$ et alimentée par une source de f.é.m $\mathcal{E}$ et d'impédance nulle, placée en série, soit avec $\mathfrak{Z}_A$, soit avec $\mathfrak{Z}_B$.

Les grandeurs électriques (courant, tension, etc.) en tous points d'une telle ligne se déduisent des lois d'Ohm et de Joule, et des rapports $(\mathcal{G}_P/\mathcal{G}_Q)$ des valeurs prises par chaque grandeur $\mathcal{G}$ en deux points quelconques P et Q de la igne.

Le point Q étant à l'aval de P, le rapport $(\mathcal{G}_P/\mathcal{G}_Q)$ sera appelé *affaiblissement vectoriel de* P *à* Q de la grandeur $\mathcal{G}$ et désigné par $[\mathfrak{a}_{\mathcal{G}}]_P^Q$.

Considérons une suite de n lignes homogènes numérotées de 1 à n en allant de la source vers le récepteur, et appelons $\mathfrak{Z}c_k$, γ_k, l_k l'impédance caractéristique, la constante de propagation et la longueur de la ligne de rang k.

Calculons d'abord les réflexions par la méthode de Kennelly, qui consiste à définir la réflexion à l'extrémité d'une ligne d'impédance caractéristique $\mathfrak{Z}c$ fermée sur une impédance $\mathfrak{Z}$ différente de $\mathfrak{Z}c$ par le rapport $(\mathfrak{Z}/\mathfrak{Z}c) = \text{th}\, z$, z étant l'argument de réflexion.



Désignons par o_k la sortie de la ligne k (point d'abscisse zéro comptée *en s'éloignant du récepteur*). On démontre que l'argument de réflexion z_{0_k} en ce point est donné de proche en proche par les formules

$$\mathfrak{Z}_B = \mathfrak{Z}c_n \,\text{th}\, z_{0_n} \qquad \mathfrak{Z}c_k \,\text{th}\, z_{0_k} = \mathfrak{Z}c_{k+1} \,\text{th}\,(z_{0_{k+1}} + \gamma_{k+1} l_{k+1}).$$

Les valeurs numériques des arguments $z_{0_n} \ldots z_{0_k} \ldots$ s'obtiennent en traçant sur le topogramme des tangentes hyperboliques vectorielles un *diagramme des arguments* représentatif des formules ci-dessus.

[1] Séance du 24 novembre 1947.

Plus généralement, appelons x_k l'abscisse d'un point X de la ligne k, comptée de o_k à l_k en s'éloignant du récepteur. L'impédance $\mathfrak{Z}_{x_k}$ vue de X vers le récepteur étant différente de $\mathfrak{Z}_{c_k}$, on peut définir en ce point un « argument *formel* de réflexion » z_{x_k} donné par

$$\mathfrak{Z}x_k = \mathfrak{Z}c_k \operatorname{th} z_{x_k}, \qquad \text{d'où} \qquad z_{x_k} = z_{0_k} + \gamma_k x_k,$$

et dont on lit également la valeur numérique sur le diagramme des arguments.

Le calcul ci-dessus des réflexions, la loi d'Ohm et les équations de la propagation permettent d'établir que les affaiblissements vectoriels d'un point P_h de la ligne h à un point Q_m de la ligne m sont donnés par

$$[\mathcal{A}_{\mathcal{G}}]_{P_h}^{Q_m} = \frac{F(z_{p_k})}{E(z_{0_k})} \cdots \frac{F(z_{l_k})}{F(z_{0_k})} \cdots \frac{F(z_{l_m})}{F(z_{q_m})} = \prod_{P_h}^{Q_m} \frac{F(z_{x_{\max}})}{F(z_{x_{\min}})},$$

$z_{x_{\max}}$ et $z_{x_{\min}}$ désignant les arguments de réflexion réels ou formels aux points d'abscisses maxima et minima de chaque ligne ou tronçon de ligne compris entre P_h et Q_m, et F une fonction hyperbolique qui dépend de la nature de $\mathcal{G}$.

Cette fonction est $\operatorname{sh} z_x$ pour la tension, $\operatorname{ch} z_x$ pour le courant, $\operatorname{th} z_x$ pour l'impédance, et $\operatorname{sh} 2 z_x$ pour la puissance.

Il en résulte que les lois d'Ohm et de Joule sont applicables aux affaiblissements vectoriels :

$$\mathcal{A}_{\mathfrak{Z}} = \frac{\mathcal{A}_{\mathfrak{U}}}{\mathcal{A}_{\mathcal{I}}} \qquad \text{et} \qquad \mathcal{A}_{\mathfrak{P}} = \mathcal{A}_{\mathfrak{Z}} . \overline{\mathcal{A}_{\mathcal{I}}}^2 .$$

Si la ligne est alimentée par l'autre extrémité, les affaiblissements de Q_m à P_h, c'est-à-dire en sens inverse, sont donnés par les mêmes formules générales, les abscisses étant prises en sens inverse, ainsi que le calcul des réflexions.

Le théorème de Thévenin et le théorème de réciprocité de Maxwell permettent d'établir que l'affaiblissement de force électromotrice dans un sens est égal à l'affaiblissement de courant dans l'autre sens :

$$[\mathcal{A}_{\mathcal{E}}]_P^Q = [\mathcal{A}_{\mathcal{I}}]_Q^P \qquad \text{et} \qquad [\mathcal{A}_{\mathcal{E}}]_Q^P = [\mathcal{A}_{\mathcal{I}}]_P^Q .$$

Il résulte de ces considérations que toute grandeur en un point P de la ligne, alimentée par exemple en A, a même valeur qu'aux bornes d'une source de force électromotrice $\mathcal{E}_P$ et d'impédance $\mathfrak{Z}_P^A$ débitant directement dans un récepteur d'impédance $\mathfrak{Z}_P^B$, les valeurs de $\mathcal{E}_P$, $\mathfrak{Z}_P^A$, $\mathfrak{Z}_P^B$ étant données par

$$\mathcal{E}_P = \frac{\mathcal{E}}{[\mathcal{A}_{\mathcal{E}}]_A^P}, \qquad \mathfrak{Z}_P^A = \mathfrak{Z}_A [\mathcal{A}_{\mathfrak{Z}}]_P^A, \qquad \mathfrak{Z}_P^B = \mathfrak{Z}_B [\mathcal{A}_{\mathfrak{Z}}]_P^B .$$

Les relations ci-dessus sont applicables aux lignes thermiques équivalentes aux murs, la température jouant le rôle de la tension et le flux de chaleur le rôle du courant, en même temps qu'il exprime la puissance.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur l'effet Volta.* Note (1) de M. **Georgi Nadjakov**, présentée par M. Frédéric Joliot.

Dans une Note précédente (2) nous avons décrit la partie expérimentale d'une nouvelle méthode pour mesurer l'effet Volta. Dans cette Note, nous voulons déduire la théorie de cette méthode.

On peut déduire la théorie de cette méthode électrométrique en suivant directement la voie classique de Maxwell, proposée pour l'électromètre à quadrants, ou la voie de la méthode simultanée que nous avons proposée pour n'importe quel système électrométrique de torsion (3).

Dans notre système (schéma *b* de la figure de la Note précédente), les coefficients de capacité et d'induction, grâce à la symétrie, s'expriment selon Maxwell, par

$$c_{ik} = \pm(\varkappa \pm \beta\alpha), \qquad \frac{\partial c_{ik}}{\partial \alpha} = \pm\beta, \tag{1}$$

où α est la déviation de l'aiguille, $\varkappa$ et β sont constantes. β représente la capacité d'un secteur de l'aiguille de l'unité d'angle. Dans nos conditions, nous avons deux valeurs pour la constante β, au-dessus de l'une et l'autre paires de quadrants :

$$\beta' = \frac{\rho^2}{4\pi\delta_1} \qquad \text{et} \qquad \beta'' = \frac{\rho^2}{4\pi\delta_2},$$

où ρ est le rayon de l'aiguille, δ_1 et δ_2, leurs distances des surfaces des quadrants.

La formule de notre système suit, comme on sait, de l'équilibre entre le couple de torsion mécanique $D\alpha$ et les couples électriques

$$D\alpha = \frac{1}{2}\sum_{i,k=1}^{n} \frac{\partial c_{ik}}{\partial \alpha} v_i v_k. \tag{2}$$

En tenant compte des coefficients (1) dans notre système et vu que les potentiels des deux paires de quadrants sont égaux entre eux et sont nuls en même temps, on déduit de la formule générale (2) le résultat suivant

$$D\alpha = \frac{1}{2}(\beta' - \beta'')v_2^2 \qquad \text{ou} \qquad \alpha = \varkappa v_2^2. \tag{3}$$

Dans cette formule α est la déviation et v_2 est le potentiel de l'aiguille par rapport aux quadrants, les autres grandeurs sont constantes. v_2 se compose de deux termes : le potentiel auxiliaire V et la différence de potentiels de contact aiguille-quadrants v_{12}.

(1) Séance du 24 novembre 1947.

(2) *Comptes rendus*, **225**, 1947, p. 1061.

(3) *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 546.

Or, pour une certaine valeur de v_{12} et en commutant V, on obtient les deux déviations respectives α_1 et α_2

$$\alpha_1 = \varkappa(+V + v_{12})^2,$$
$$\alpha_2 = \varkappa(-V + v_{12})^2.$$

Ces déviations α_1 et α_2 sont très grandes et en dehors de notre échelle. Nous ne les connaissons pas, et par la compensation mécanique, elles sont amenées sur l'échelle où l'on peut trouver facilement leur différence

$$(4) \qquad \alpha_1 - \alpha_2 = 4\varkappa V v_{12} = \varkappa_1 v_{12}.$$

Cette différence est proportionnelle à la valeur de l'effet Volta v_{12}, qui suit, comme nous l'avons vu dans la Note précédente, de l'expérience.

En compensant l'effet Volta par une valeur v_c convenablement choisie, on obtient, après la commutation, la même déviation

$$(5) \qquad \alpha_1 = \alpha_2, \qquad \alpha_1 - \alpha_2 = 0, \qquad v_{1,2} = -v_c$$

parce que

$$v_2^2 = (\pm V + v_{12} + v_c)^2 = V^2 = \text{const.}$$

Les résultats théoriques coïncident avec les résultats expérimentaux.

Nous donnerons ultérieurement les applications de cette méthode et les résultats numériques en adaptant la même méthode pour des mesures dans le vide.

OPTIQUE. — *Définition et procédé de mesure du pouvoir de transmission dans la reproduction photographique.* Note (¹) de M^lle **Jeanne Gaultier du Marache**, présentée par M. Jean Cabannes.

Dans le cas des images fournies par les appareils d'optique, la transformation de Fourier permet une comparaison mathématique entre l'objet et son image. Soient $F(x, y)$ et $F'(x, y)$ la répartition de l'énergie lumineuse dans l'objet et dans l'image; $G(u, v)$ et $G'(u, v)$ les transformées de ces deux fonctions. On peut poser

$$(1) \qquad G'(u, v) = G(u, v) . H(u, v),$$

$H(u, v)$ est le *facteur de transmission* des fréquences u, v. Nous appelons *limite du pouvoir de transmission* la plus haute fréquence transmise (²).

J'ai appliqué la définition des *facteurs de transmission* donnée par l'équation (1) aux images photographiques. L'objet est alors constitué par la répartition d'énergie lumineuse que reçoit l'émulsion; l'image est constituée

(¹) Séance du 17 novembre 1947.

(²) P. M. Duffieux, *L'Intégrale de Fourier et ses applications à l'Optique*, Besançon, 1947.

par la répartition du noircissement. J'utilise un objet périodique en forme de créneaux : c'est la glace striée d'une trame de photogravure. On prend l'image photographique par contact afin d'éviter l'interposition d'un objectif et l'intervention de son *facteur de transmission* propre. L'objet $f(x)$ et sa transformée $g(u)$ ne dépendent que d'une variable. Avec une approximation que j'ai discutée précédemment ([2]), nous pouvons considérer qu'il en est de même de l'image photographique $f'(x)$ et de sa transformée $g'(u)$. L'objet et l'image étant périodiques sont identifiables à des séries de Fourier dont les transformées sont les suites des coefficients de chaque série, suites que l'on peut représenter par un graphique de points. Dans les Notes précédentes ([3]), j'ai indiqué la méthode employée pour déterminer $g(u)$ et $g'(u)$; le *facteur de transmission* de la fréquence u est le quotient de $g'(u)$ par $g(u)$. J'ai utilisé quatre trames dont les périodes sont 403, 207, 128, 103 μ, le rapport entre la largeur de l'intervalle transparent et la période restant voisin de 1/2. Les images ont été prises sur deux types d'émulsions : films Kodak-Pathé, Super XX rapide, à gros grains (pouvoir de résolution bas); Duplicating 1203 à grains fins (pouvoir de résolution élevé).

L'examen des résultats permet les remarques suivantes. Les *facteurs de transmission* dépendent non seulement de l'émulsion, mais aussi de l'objet. Ils occupent un domaine limité dans la région des basses fréquences. Le graphique des *facteurs de transmission* se présente comme une suite de dents de scie avec un maximum très accentué qui n'est jamais à l'origine. Il semble que pour une même émulsion la valeur de ce maximum augmente avec la fréquence fondamentale de l'objet. Avec un même objet la période limite sur l'émulsion à grains fins est inférieure — exceptionnellement égale — à la période limite sur l'émulsion à gros grains; le rapport entre ces deux périodes est très variable suivant l'objet. Sur une même émulsion la limite de transmission varie avec l'objet. Cependant la plupart des périodes limites restent voisines de 25 μ; les valeurs extrêmes sont 43 et 13,5 μ.

Il est naturel de comparer ce *pouvoir de transmission* au pouvoir de résolution classiquement défini par l'industrie photographique comme étant la période de la mire de plus haute fréquence dont l'image photographique reproduit distinctement les traits. La période limite du pouvoir de résolution est réalisée par la période fondamentale de l'objet, tandis que la période limite du *pouvoir de transmission* fait partie d'un ensemble mathématique qui définit la forme d'un objet dont la période fondamentale est beaucoup plus grande. La plupart des périodes limites de transmission que j'ai obtenues sont supérieures aux périodes limites de résolution des mêmes émulsions déterminées suivant la méthode classique des mires et en opérant par contact ([4]). Le *pouvoir de trans-*

([3]) *Comptes rendus*, **219**, 1944, p. 582; **223**, 1946, p. 80.

([4]) Mesures faites aux Laboratoires Kodak-Pathé par R. Pinoir.

mission traduit cette qualité que Narath appelle l'*exactitude géométrique* ([5]) qui indique « dans quelle mesure l'image photographique développée se différencie de l'image aérienne ». Cette qualité est représentée d'une façon précise par le graphique des *facteurs de transmission*. L'allure générale du graphique, et plus spécialement son allure au voisinage de la fréquence limite ainsi que la valeur de cette fréquence, renseignent sur la façon dont l'image photographique reproduit les détails de l'objet.

SPECTROSCOPIE. — *Variation avec la température du spectre de phosphorescence de l'azote*. Note ([1]) de M. **Louis Herman** et M^me^ **Renée Herman**, présentée par M. Jean Cabannes.

On connaît depuis longtemps l'existence d'une phosphorescence jaune de l'azote. Elle se compose de certaines bandes du premier système positif et disparaît à température élevée, tandis que son intensité augmente lorsqu'on abaisse la température. Dans un travail antérieur ([1]), l'un de nous avait montré l'existence d'une phosphorescence complexe résultant de la superposition de plusieurs processus. Outre l'émission de longue durée précédente, on observe une phosphorescence plus courte comportant le premier système positif sans sélectivité notable, le deuxième positif et le premier négatif. En ce qui concerne le premier système négatif, la répartition d'intensité des bandes dans les séquences est analogue à celle observée dans les aurores de haute altitude, mais, dans ce dernier cas, l'intensité du premier positif est faible. Nous nous sommes proposé, dans les expériences décrites ci-dessous, de rechercher si cette différence ne provenait pas de l'influence de la température du gaz émetteur.

On observe la phosphorescence, d'abord à température ambiante, puis, après avoir versé de l'air liquide dans le vase de Dewar contenant le tube à décharge. Ce tube étant en communication permanente avec un grand récipient à température ambiante, on peut admettre que la pression varie peu et que seule la densité du gaz augmente dans la partie refroidie. Nous allons étudier séparément les divers systèmes qui constituent cette phosphorescence.

Premier système positif ($B^3\Pi - A^3\Sigma$). — A température ambiante on obtient, comme dans notre travail antérieur ([2]), une émission intense de ce système, sans distribution particulière d'intensité dans les séquences. Il est accompagné des raies D du sodium résultant de la décomposition de l'azothydrate. A basse température, ces raies disparaissent et le premier système positif se modifie : la phosphorescence jaune de Lord Rayleigh apparaît, accompagnée de l'exaltation

([5]) A. Narath, *Congrès International de Photographie*, Paris, 1935.

([1]) Séance du 1^er^ décembre 1947.

([2]) *Comptes rendus*, **220**, 1945, pp. 593 et 878.

des bandes $v' = 10$ et 6. Lorsque la pression est faible ($\sim 10^{-3}$ mm de mercure), l'intensité relative de ce système augmente, quelle que soit la température.

Premier système négatif ($B^2\Sigma - X^2\Sigma$) *et deuxième système positif* ($C^3\Pi - B^3\Pi$). — Pour des pressions plus élevées (de l'ordre d'un centième à quelques dixièmes de millimètre de mercure), l'intensité de l'ensemble du spectre augmente lorsqu'on passe de la température ambiante à celle de l'air liquide. 10^{-4} seconde après l'arrêt de la décharge, le rapport d'intensité est d'environ 3 pour le premier négatif. Par contre, cette augmentation est beaucoup plus faible pour le premier positif. La diminution d'intensité relative de ce système est d'autant plus grande que la pression est plus élevée. Elle semble être fonction de la pression et de la température, abstraction faite de l'influence de la paroi. Pour une pression donnée, elle pourrait servir à évaluer la température.

Bandes de Goldstein. — Leur intensité relative augmente sensiblement à basse température et elles subissent, au moment de la rupture, des variations d'intensité plus faibles que les bandes voisines du deuxième positif. A température ambiante, on observe un phénomène semblable, mais plus atténué. Ce système est probablement émis à la suite d'une recombinaison entre deux atomes $N(^2D)$, comme les bandes à niveaux plus élevés du deuxième positif. Le comportement analogue de ces bandes qui appartiennent à deux systèmes différents confirme l'hypothèse ci-dessus.

Système χ. — Ce système, mal connu, est particulièrement intense à basse température. Les bandes les plus fortes sont : 5079 Å(0, 0); 5308(0, 1); 5570 (0, 2). Leur intensité relative, par rapport au premier système positif, augmente en même temps que celles des bandes de Goldstein ([3]). Il est possible que leur émission soit également liée à la grande concentration en atomes $N(^2D)$ et résulte d'une recombinaison entre atomes $N(^2D)$ et $N(^4S)$.

Le rôle des atomes $N(^2D)$, dans l'émission de la radiation 5199 Å des aurores de haute altitude, est bien connu depuis les observations de Slipher (1933), et Dufay, Tcheng Mao Lin et Gauzit (1941). Il serait intéressant de rechercher dans ces aurores les bandes de Goldstein et le système χ en raison de la grande durée de vie des atomes $N(^2D)$ qui peut permettre leur recombinaison, malgré la pression très faible régnant dans les couches élevées de l'atmosphère.

Nos résultats montrent que la tentative faite par Mitra ([4]) pour expliquer toutes les propriétés de l'azote actif par la recombinaison des ions N_2^+ et des électrons ne peut être acceptée. L'émission intense du premier système négatif doit être due à la recombinaison des ions N_2^{++}. Pour rendre compte de l'accroissement d'intensité des bandes de Goldstein et des bandes à $v' = 3$ et 4 du deuxième positif, on est conduit, comme on l'a vu ci-dessus, à admettre une

---

([3]) A notre connaissance, l'émission de ce système en phosphorescence n'a pas été signalée jusqu'ici.

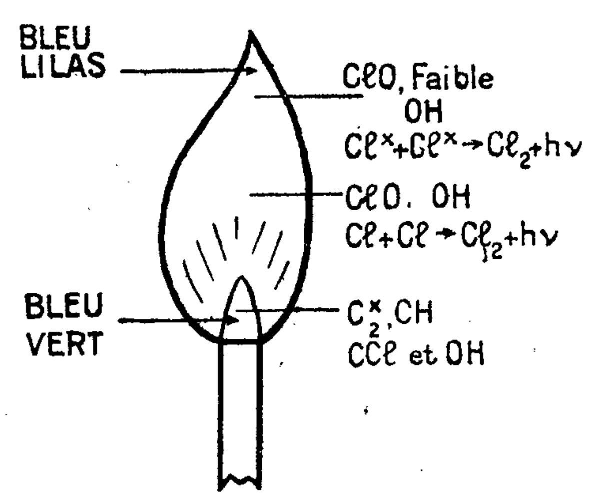
([4]) *Indian Association for the Cultivation of Science*, Calcutta, 1945.

recombinaison atomique. De même l'émission sélective du premier système positif s'explique tout naturellement par le processus de Cario et Kaplan. Il est possible également que les molécules $a^1\Pi$ interviennent dans l'exaltation des bandes $v'=6$ du premier positif. De toute façon, il ne semble pas possible d'admettre que les premier et deuxième systèmes positifs soient émis par le même processus de recombinaison ionique suivi d'une descente en cascade, en raison des grandes variations d'intensité relative qu'ils subissent lorsqu'on change les conditions expérimentales.

En définitive, les propriétés si particulières de l'azote semblent dues au fait que ce gaz possède à la fois les caractères d'un gaz rare et ceux d'une molécule diatomique, ce qui rend possible de nombreuses réactions entre atomes et molécules neutres et ionisés.

SPECTROSCOPIE. — *Spectre d'émission d'une flamme de chlorure de méthyle mélangé à de l'oxygène brûlant dans l'air.* Note [1] de MM. **Guy Pannetier** et **Alfred-G. Gaydon**, présentée par M. Paul Pascal.

Comme suite à une précédente publication [2] dans laquelle nous avons donné un schéma provisoire du système de bandes émis par le radical ClO dans une flamme d'hydrogène brûlant dans une atmosphère d'oxygène mélangé à un peu de chlore, nous avons entrepris l'analyse spectroscopique d'une flamme de chlorure de méthyle additionné d'oxygène brûlant dans l'air.



Ceci nous a permis de retrouver l'existence de ce radical dans le cône extérieur de cette flamme, quoique l'intensité des bandes correspondantes soit très faible; nous pouvons donc compléter l'étude de cette flamme faite par Vaidya dans des conditions semblables [3]. Le cône intérieur d'une apparence bleu verdâtre contient principalement les groupements : C_2(4737 Å, 5165 Å et 5635 Å) fort; CH(4315 Å, 3900 Å, 3143 Å) très fort; OH(3064 Å,

(1) Séance du 1er décembre 1947.

(2) *Nature*, London (article sous presse).

(3) *Proc. Roy. Soc.*, A. **112**, 1941, p. 356.

2811 Å); et le radical CCl aux environs de 2800 Å. Juste au-dessus du cône intérieur, dans le cône externe de couleur bleu lilas, apparaissent les bandes dues au radical CH et assez faiblement le groupe des bandes de ClO de 3587 Å à 4502 Å, un fond continu commence à apparaître provenant de la réaction non quantifiée

$$Cl^* + Cl^* \rightarrow Cl_2 + h\nu.$$

Dans le cône externe, largement au-dessus du cône interne, cette dernière réaction augmente d'intensité, le fond continu devient encore plus prononcé. Le radical OH est également présent, de même qu'assez faiblement le spectre de l'oxyde de carbone.

A l'halogène près, l'identité des radicaux trouvés dans la combustion du chlorure de méthyle coïncide bien avec ceux qui ont été mis en évidence par l'un d'entre nous et E. H. Coleman ([4]) dans la flamme du bromure de méthyle. Il y a donc tout lieu de penser que les mécanismes de combustion de ces deux corps seront justiciables des mêmes développements quand on parviendra à identifier complètement l'un d'eux.

EFFET RAMAN. — *Étude expérimentale de quelques cristaux cubiques.* Note de M[lle] **Lucienne Couture** et M. **Jean-Paul Mathieu**, présentée par M. Jean Cabannes.

Les résultats théoriques communiqués dans deux Notes précédentes ([1]) permettent de classer les raies de Raman d'un cristal cubique parmi les divers types de symétrie. Nous donnerons ici quelques résultats obtenus pour des cristaux contenant des ions complexes.

I. La maille ne contient qu'un ion complexe. *Étain* IV *hexachlorure de potassium,* $(Sn\,Cl_6)K_2$. Groupe O_h^5—Fm3m, $Z = 1$.

$\Delta\nu$ en cm^{-1}	143	170,5	242	321
Intensité	*f*	F	*m*	TF
Type	F_{2g}	F_{2g}	E_g	A_{1g}

On trouve les quatre raies prévues par la théorie; trois d'entre elles, internes à l'ion octaédrique $(Sn\,Cl_6)^{--}$ et de types A_{1g}, E_g, F_{2g} ont déjà été trouvées en solution par l'un de nous ([2]); la dernière est due à la vibration de type F_{2g} dans laquelle les ions K^+ seuls se déplacent.

II. La maille contient plus d'un ion complexe. On sait que le couplage entre ces ions multiplie alors les vibrations de l'ion isolé. Dans le cas où l'ion complexe possède un axe ternaire C_3 qu'il conserve dans la maille (symétrie C_3

([4]) E. H. Coleman et A. G. Gaydon, *Trans. Faraday Soc.*, Meeting of October 1947.

([1]) *Comptes rendus*, 224, 1947, pp. 902 et 1217.

([2]) J.-P. Mathieu, *Journal de Chimie-Physique*, 36, 1939, pp. 271 et 308.

ou C_{3v}), il y a huit ou quatre homologues selon que la maille possède ou non un centre de symétrie. Une vibration symétrique par rapport à l'axe ternaire, $s(C_3)$, de l'ion donne alors par couplage dans tous les groupes du système cubique, une vibration totalement symétrique de la maille (type A) et une vibration triplement dégénérée (type F), actives en effet Raman; une vibration dégénérée, $d(C_3)$, donne une vibration doublement dégénérée de la maille (type E) et deux vibrations triples (type F), actives en effet Raman.

Nitrates cubiques $(NO_3)_2Me(Me = Sr, Ba, Pb)$. Groupe $T_h^6 - Pa3, Z = 4$ [3].

Sr	$\Delta\nu$...	108	129	146	165	182	736	1055	1369	1403	1423	1624
	Int...	m	f	tf	f	F	f	TF	tf	tf	tf	tf
	Type.	F_g	E_g	A_g	F_g	E_g	–	A_g	E_g	F_g	F_g	A_g

Ba	$\Delta\nu$...	84	98	110	122,5	135	158	731	1048	1356,5	1387	1412	1634,5
	Int...	F	tf	f	m	F	tf	f	TF	tf	tf	tf	tf
	Type.	F_g	A_g	F_g	E_g	E_g	A_g ou F_g	–	A_g	E_g	F_g	F_g	A_g

Pb	$\Delta\nu$...	96	123	145	158	162	730	1049	~1327	~1395	1610
	Int...	TF	tf	f	f	TF	tf	TF	tf	tf	tf
	Type.	F_g	E_g	F_g	F_g	E_g	–	A_g	A_g ou E_g	F_g	A_g

On trouve dans les spectres relatifs à Sr et à Ba trois raies correspondant à la vibration dégénérée de valence de l'ion NO_3^-, ayant les types (E, F, F) prévus par la théorie du couplage. A la vibration dégénérée de déformation de NO_3^- ne correspond qu'une raie vers 730 cm^{-1}; mais sa polarisation indique qu'il y a superposition de raies de types E et F, qu'une dispersion plus forte permettrait peut-être de séparer. La vibration totalement symétrique de l'ion donne dans les cristaux une raie A vers 1050 cm^{-1}, mais la raie F correspondante n'apparaît pas; il est vrai qu'en première approximation, son intensité doit être nulle.

Chlorate et bromate de sodium ClO_3Na et BrO_3Na. Groupe T^4-P23, $Z = 4$ [4]. La théorie permet maintenant un classement complet et correct des raies.

Cl	$\Delta\nu$...	66,5	92,5	122,5	130	179	480	487	617	625	936	963	968	984	1026
	Int...	f	tf	F	F	m	F	F	m	m	TF	tf	m	m	m
	Type.	E	F?	F	E	E	E	F	A	F	A	E	F	F	–
Br	$\Delta\nu$...	63	78,5	101	115	131	148	178	357	376	445	456,5	795	822	845
	Int...	f	m	f	f	m	f	tf	m	m	f	f	TF	f	m
	Type.	E	F	F	F	F + E	A	E	E	F	F	–	A	–	–

Les raies de plus haute fréquence dans ces deux spectres, 1026 cm^{-1} pour ClO_3Na, 845 cm^{-1} pour BrO_3Na, de forte intensité, ont une polarisation anormale, qui ne permet de les classer dans aucun des types de symétrie des groupes cubiques, ni même de les considérer comme la superposition de

(3) B. L. RAO, *Proc. Indian Acad. Sciences*, **14**, 1941, p. 48.

(4) A. ROUSSET, J. LAVAL et R. LOCHET, *Comptes rendus*, **216**, 1943, p. 886.

plusieurs raies de types différents. Il semble en être de même pour la faible raie 456,5 du bromate.

Dans ces deux cristaux, l'ion complexe, pyramidal, possède quatre vibrations fondamentales actives. La vibration symétrique de déformation donne une raie A et une raie F dans le chlorate, comme le prévoit la théorie, mais la raie A manque dans le bromate. La vibration dégénérée de déformation donne bien une raie E, mais une seule raie F au lieu de deux. La vibration dégénérée de valence a pour fréquence 980 cm^{-1} dans l'ion ClO_3 en solution. Pour le cristal, on trouve dans cette région une raie E et deux raies F ; il est tentant d'interpréter cet ensemble comme dû à l'effet du couplage, ainsi que dans les nitrates. Mais cette interprétation laisse inexpliquée l'origine de la forte raie 1026 qui, de même que la raie 845 du bromate, doit se rapporter aux vibrations internes de l'ion.

PHOTOÉLECTRICITÉ. — *Variations locales de la sensibilité de cellules photoélectriques.* Note (¹) de M. **Jean Terrien**, Mme **Claire Anglade** et Mlle **Geneviève Touvay**, présentée par M. Albert Pérard.

On trouve peu de renseignements sur les différences de propriétés d'un point à l'autre de la cathode d'une cellule photoémissive.

Nous avons étudié la répartition de la sensibilité sur la cathode de deux types de cellules à vide. La cathode était éclairée sur un petit disque de $0^{mm},7$ de diamètre et explorée sur environ 150 points espacés de 2^{mm}.

Les cellules étaient placées dans les conditions normales d'utilisation, sans que l'on ait cherché à éliminer l'influence des défauts de transmission ou de réfraction de l'ampoule.

1° *Cellules au césium à anode cylindrique, construites par la Compagnie de Télégraphie sans Fil (C. S. F) à Paris.* — Nous avons étudié deux cellules de ce type. La cathode est un disque plan de 15^{mm} de diamètre. Les figures 1 et 2 représentent la carte des sensibilités sur la surface de la cathode. Les nombres inscrits sur les lignes d'égale sensibilité montrent combien cette dernière est différente d'un point à l'autre; elle varie avec une continuité suffisante pour que ces courbes aient pu être tracées. Leur forme est assez capricieuse; tout au plus peut-on remarquer que les régions les plus sensibles de la cathode sont en général proches du bord. Entre les points les plus différents existe un rapport de sensibilité voisin de 2.

2° *Cellules* KMV 6 *et* RMV 6 (*Osram, Londres*). — La cathode est une plaque rectangulaire de 22×38^{mm} environ, présentant en son milieu et verticalement un sillon large de 2^{mm} en haut duquel un fil est soudé; l'anode est une grille

(¹) Séance du 1er décembre 1947.

métallique de fil fin, placée contre l'ampoule tout autour de la cathode et dont

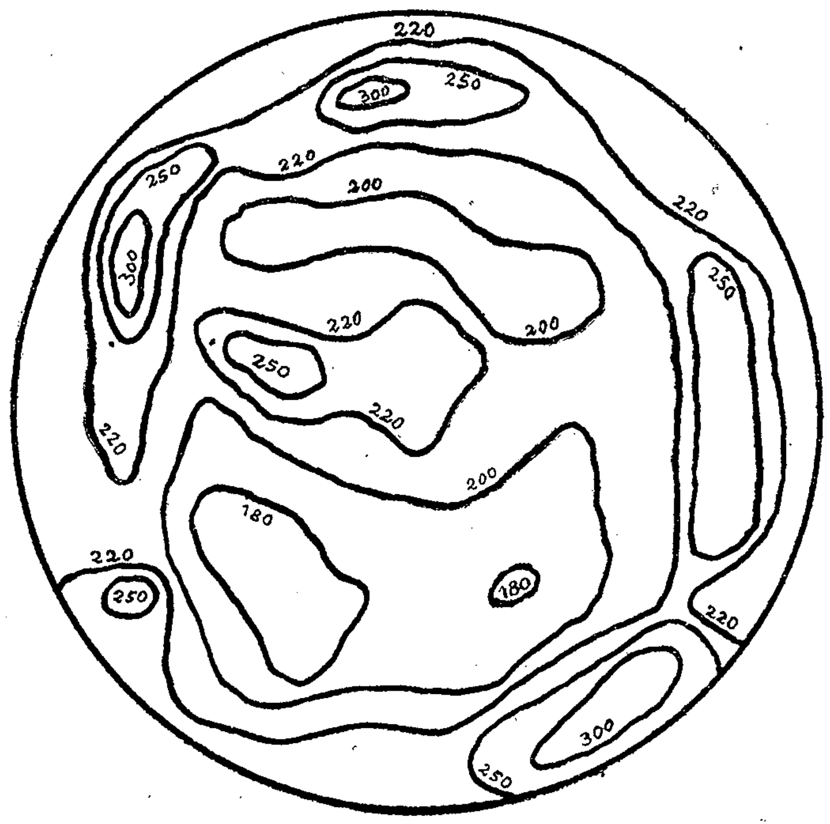


Fig. 1. — Cellule CB 23.

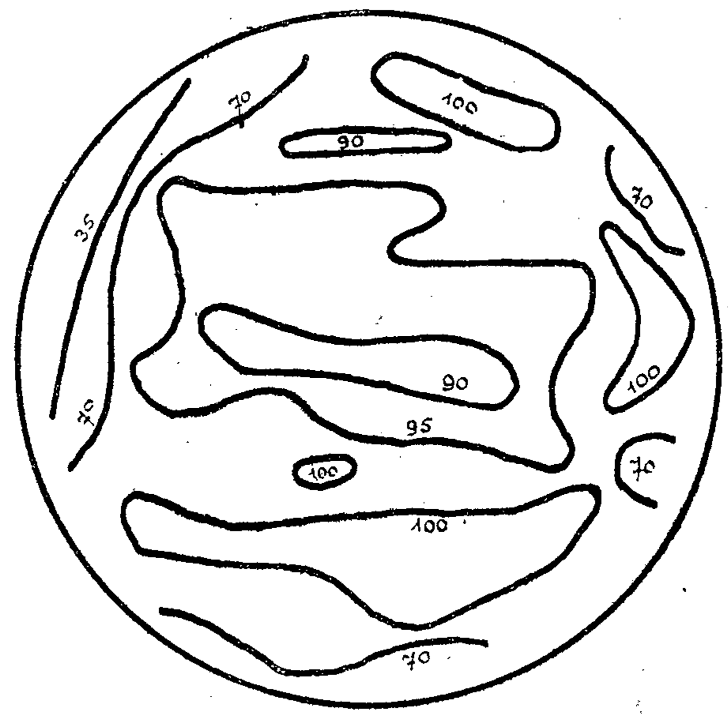


Fig. 2. — Cellule CB 55.

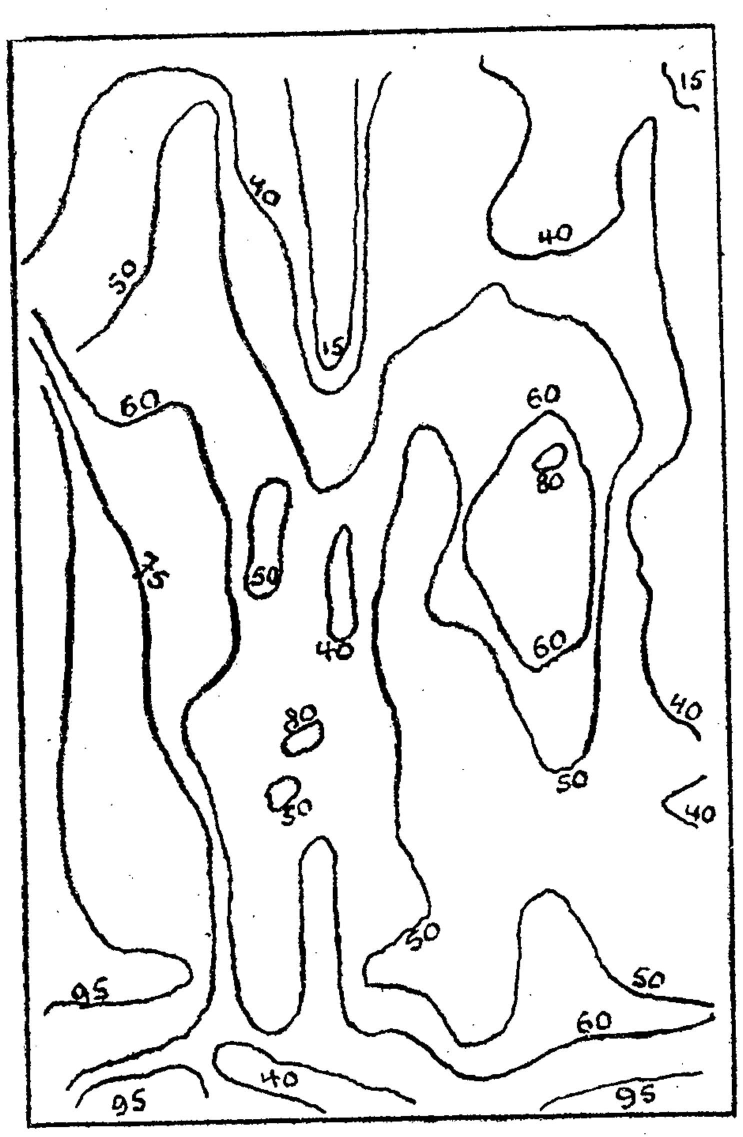


Fig. 3. — Cellule RMV 6.

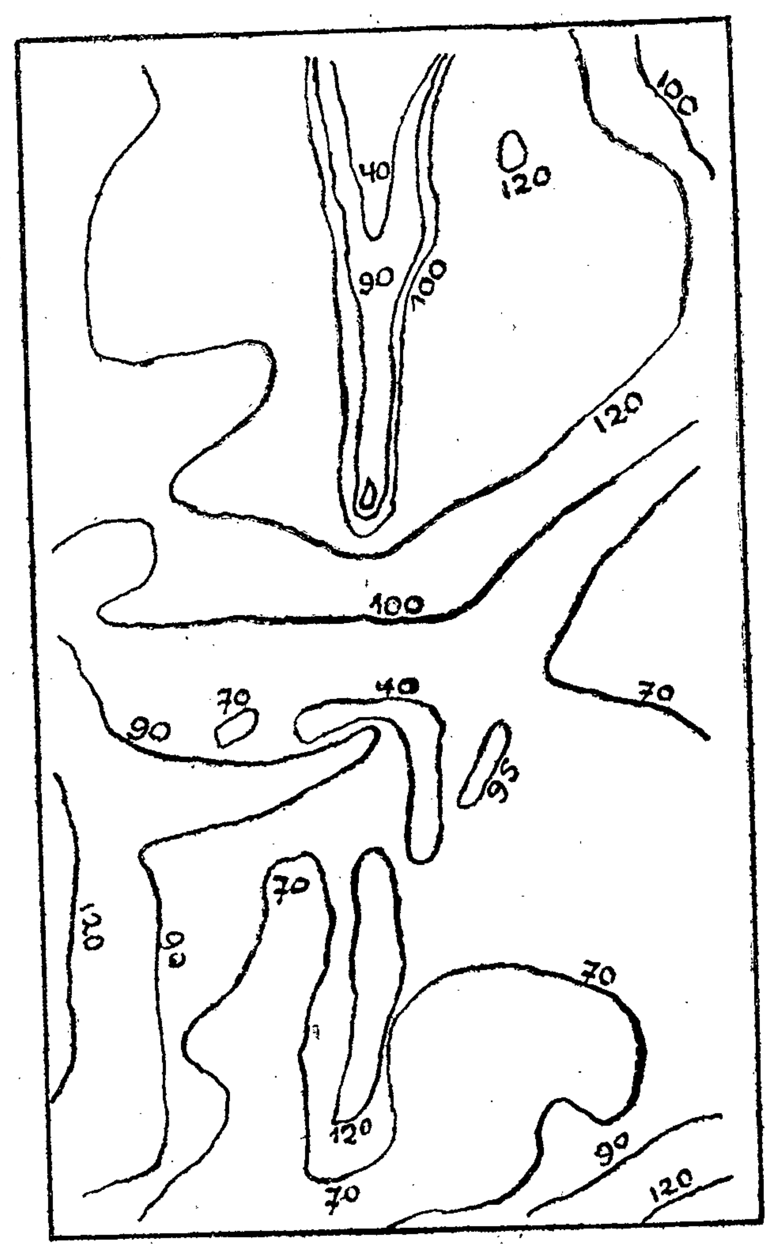


Fig. 4. — Cellule KMV 6.

les mailles, larges de 3^mm^ environ, n'ont pas donné une ombre suffisante pour que leur présence se soit manifestée dans ces mesures.

Les figures 3 et 4 représentent la répartition des sensibilités de la même

façon que les figures précédentes. Les courbes paraissent encore moins régulières. La cellule KMV6 en particulier offre sur l'étendue de sa surface une sensibilité très variable, allant du simple au double et même en certains points au quadruple ou davantage. Pour les deux cellules, le sillon médian est une région de faible sensibilité. Les variations représentées schématiquement par des courbes d'égale sensibilité concordent avec certaines différences de couleur nettement visibles sur la couche sensible de la cathode.

Quelques autres essais avec des lumières filtrées par des verres colorés ont donné des sensibilités réparties différemment. La sensibilité spectrale est donc variable d'un point à l'autre.

Il résulte de ces observations que ces cellules exigent en photométrie des précautions sévères pour que la lumière se répartisse toujours de la même façon sur la cathode.

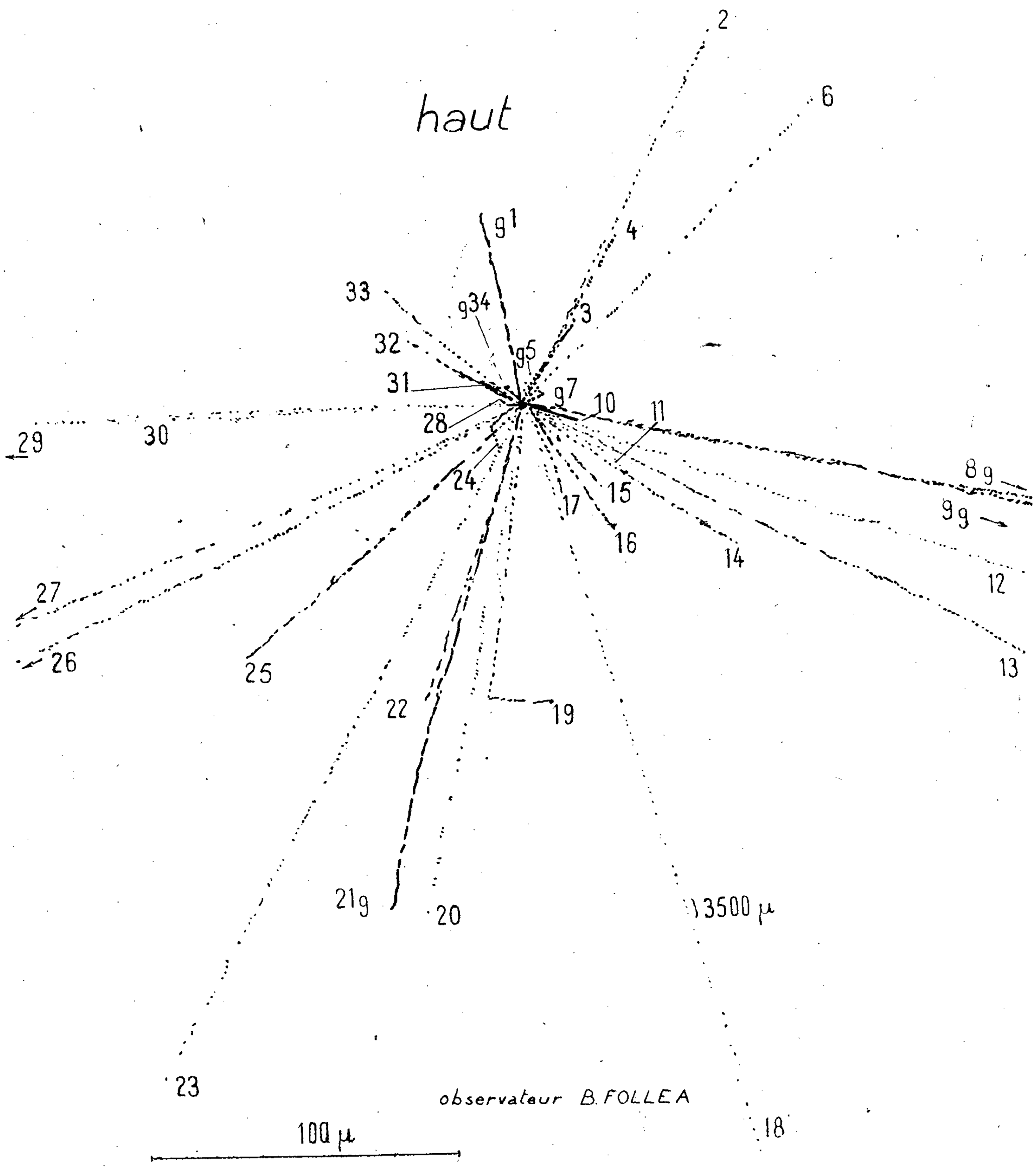
PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Observation d'une désintégration quasi complète d'un noyau d'argent.* Note ([1]) de MM. **Louis Leprince-Ringuet, Jean Heidmann, Hoang Tchang-Fong, Louis Jauneau** et **Jacques Stroumsa**, présentée par M. Maurice de Broglie.

Nous avons exposé à 4400 mètres d'altitude (Observatoire Vallot) des plaques Ilford de 100 μ d'épaisseur des types B 2 et C 2, chargées au bore, pendant plusieurs semaines selon la technique mise au point par Powell, Occhialini et coll. ([2]). Au cours de l'exploration systématique de ces plaques, nous avons observé un grand nombre d'*étoiles*. Sur l'une d'elles, particulièrement remarquable, nous avons différencié trente-quatre branches formées de protons ou de particules plus lourdes ou plus chargées. Sur ce nombre, 17 sont bien identifiées comme des protons, 4 comme des alpha, 1 comme un triton; les 9 autres sont trop courtes pour être identifiées sûrement, mais on doit penser qu'il y a parmi elles une majorité de particules alpha. On ne peut pas affirmer qu'une ou deux des plus courtes traces ne sont pas dues à un noyau de $Z > 2$. Signalons aussi qu'un ou deux rayons auraient pu nous échapper, s'ils avaient été émis avec une très grande vitesse perpendiculairement à la plaque.

Comme les éléments les plus lourds de l'émulsion sont le brome et l'argent, la désintégration doit correspondre à un noyau d'un de ces éléments. Mais le brome, $(Z = 35)$, est certainement exclu, car le nombre des charges positives observées dans l'étoile est au moins égal à 40; ce ne pourrait être

([1]) Séance du 24 novembre 1947.
([2]) *Nature*, 159, 1947, p. 187.

possible que si un excès d'au moins cinq charges électroniques négatives invisibles dans l'émulsion était émis au cours du processus; or, si des électrons s ont émis dans un phénomène aussi complexe, ils devraient être, en proportion



Étoile de 34 branches. Plaque Ilford B 2 de 100 microns au bore. (Observateur : Bernard Folléa.)

comparable, positifs et négatifs : une fluctuation de plus de cinq en faveur des négatons impliquerait l'émission d'un grand nombre d'électrons des deux signes, ce qui paraît peu probable : ces électrons auraient accru le *background* au voisinage du centre de l'étoile, ce qui n'est pas le cas.

Il s'agit donc d'un noyau d'argent qui subit une désintégration quasi complète: en effet, le nombre de 40 charges indiqué précédemment est un minimum. Or, l'argent a pour numéro atomique 47.

Ce phénomène ne paraît pas être le même que celui observé par Jdanoff([3]) : il a trouvé plusieurs gerbes d'un grand nombre de particules lourdes (parfois cent) émises avec effet très directif, la plupart des traces étant courtes, et d'énergie toujours inférieure à 5 MeV.

On peut avoir une idée de l'énergie et de l'impulsion apportées, par la particule incidente, dans l'étoile que nous avons observée. En effet, la mesure d'énergie et d'impulsion pour les particules bien identifiées est aisée. Pour les autres, des considérations de nature, de densité de grains, etc., fournissent des limites.

En tenant compte des énergies cinétiques, des énergies de liaison (variant entre deux valeurs limites pour les interprétations extrêmes), et en attribuant à chacun des neutrons émis l'énergie moyenne des protons, on trouve que la particule incidente a fourni 850 à 1600 MeV. Les limites de l'impulsion sont 100 et 270×10^{-15} cgs. Des valeurs de l'énergie et de l'impulsion apportées, on déduit que : 1° la particule incidente n'a pas libéré son énergie de masse sous une des formes d'énergie considérées dans notre bilan; 2° la masse de la particule incidente est comprise entre 0,31 et 15 fois la masse du nucléon.

On peut noter que l'impulsion est dirigée vers le bas et que les énergies des branches vont jusqu'à 50 MeV.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Sur quelques phénomènes nucléaires d'origine cosmique observés au niveau de la mer.* Note de MM. **Pierre Cüer** et **Max Morand**, présentée par M. Jean Cabannes.

Nous avons commencé l'examen de quelques émulsions (Ilford : B_1, C_2, C2 + B, C2 + Li, C1 + 6 gel., E_1 + Be, E_1 + Li ; Kodak : concentrated nuclear emulsion), de 50μ d'épaisseur, préparées spécialement pour des études très variées de physique nucléaire. Ces plaques sont restées, horizontalement, depuis un an environ, au niveau de Paris, à proximité de matériaux légers hydrogénés. Des renseignements intéressants ont été obtenus : 1° sur l'affaiblissement de l'image latente en fonction du temps et de la nature des émulsions; 2° sur le flux de neutrons thermiques et sur certains phénomènes nucléaires d'origine cosmique.

I. Sur une même plaque, dans l'émulsion C_2 + B, les traces de particules α, provenant de la contamination radioactive, ne présentent pas d'affaiblissement

([3]) *C. R. Acad. Sc. U.R.S.S.*, 23, 1939, p. 28; 46, 1945, p. 359; *Nature*, 154, 1944, p. 616.

notable les unes par rapport aux autres. Dans cette émulsion, les traces α sont environ 10 fois plus nombreuses que dans une C2 (où l'on voit environ 50 % de traces nettement affaiblies), et au moins 100 fois plus nombreuses que dans une C2 + 6 gel. En accord avec les résultats antérieurs de Yagoda et Kaplan, il semble donc que l'affaiblissement de l'image latente augmente quand la concentration de Br Ag diminue. Dans les C2 + B, la diminution de l'affaiblissement et l'accroissement de la sensibilité sont probablement dus à l'importance de leur pH, qui a tendance à développer le voile spontané et qui rend les plaques sensibles aux conditions de conservation. Pour une même granulation, l'affaiblissement diminue avec la sensibilité; pour une même sensibilité, il diminue quand la dimension des grains augmente. La statistique des traces α permet de déceler la présence de Rn et de Tn (qui ont diffusé assez rapidement à travers l'emballage des plaques). Les traces de leurs produits de désintégration sont plus abondantes pour Tn que pour Rn. Les familles de U et de Th sont présentes en concentration de l'ordre de 10^{-7} dans le sel de B.

II. Dans C2 + B, la réaction connue $B_5^{10} + n_0^1 \rightarrow Li_3^7 + He_2^4$, $Q \sim 2{,}5$ Mev, parcours Li + He $\sim 8^\mu$, permet de déterminer le flux de neutrons thermiques. Nous avons mesuré les parcours de projection comprise entre 5 et 8^μ. En supposant isotrope la répartition de ces traces dans l'émulsion, nous avons calculé leur nombre total, suivant la formule utilisée par Lattès, Occhialini et Powell. On obtient ainsi, en moyenne, une trace par 30 champs de $0{,}88 . 10^{-4}\,\mathrm{cm}^2$. Utilisant un $\sigma = 600$ barns généralement admis, pour B, nous trouvons un flux d'environ 0,1 neutron thermique par centimètre carré et par minute. Cette valeur est une limite inférieure; elle peut être erronée d'un facteur 2, en raison des difficultés de pointage et de la valeur approximative de la concentration en B. On sait qu'au niveau de la mer le flux total de neutrons, mesuré au moyen de compteurs à BF^3 entourés de grandes épaisseurs d'eau ou de paraffine, a été trouvé égal à 0,091 par cm^2 et par minute. Étant donné l'imprécision des conditions expérimentales, ces résultats nous paraissent suffisamment concordants.

La plupart des traces de protons viennent du verre ou de l'air, et traversent complètement l'émulsion. Parmi celles-ci, nous avons observé une association de traces (protons et peut-être mésons) groupées dans une zone de quelques dizaines de millimètres carrés; les directions de ces traces sont comprises dans un angle d'environ 30° et l'orientation de chacune d'elles paraît compatible avec l'existence d'un centre de grande énergie situé en dehors de l'émulsion. Il est vraisemblable que des neutrons rapides, en nombre au moins égal, ont été émis, ce qui est compatible avec les expériences de Korff, indiquant une égale production moyenne de neutrons et de protons, et prouvant que leur émission peut être simultanée. La proportion des traces de protons qui commencent *dans* l'émulsion (C2 + B) est inférieure à 3 %, soit $\sim 1{,}5$ trace par centi-

mètre carré. Pour expliquer l'existence de ces traces, on peut invoquer les collisions élastiques entre les neutrons rapides et les protons de l'émulsion. Le flux de neutrons rapides ainsi calculé est de l'ordre 0,03 par cm^2 et par minute, ce qui est compatible avec le flux de neutrons thermiques (estimé par Bethe à environ 80 % du flux total).

Pour éviter de confondre les étoiles de contamination radioactive avec les petites étoiles d'origine cosmique (énergie totale des particules visibles de l'ordre de 10 à 20 Mev), nous avons jugé indispensable de classer ces dernières à partir des réactions nucléaires actuellement connues, ce qui est possible, par exemple, grâce à la présence d'un triton et de deux particules α ($B_5^{10} + n_0^1 \rightarrow He_2^4 + He_2^4 + H_1^3$, $Q \sim 0,4$ Mev). Le nombre des étoiles de ce type serait compatible avec le flux possible de neutrons rapides; mais le bilan énergie-quantité de mouvement aboutirait à une masse du neutron incompatible avec la précision des mesures; d'autre part, la disposition et l'énergie des trajectoires ne correspondent généralement pas aux étoiles observées avec les neutrons expérimentaux.

Nous avons observé une désintégration produite par un méson, en fin de parcours, venant de l'air presque horizontalement (grande étoile); 6 particules sont visibles, dont 2 protons et 1 triton et, vraisemblablement, 2 autres protons et 1 α. Si nous interprétions cet événement selon une règle antérieurement admise (explosion nucléaire avec conservation des charges), le noyau mis en cause serait O_8^{16}, et, d'après le bilan (énergie cinétique totale émise 25 Mev), la masse du méson ayant produit la désintégration serait de 270 m_e, en accord avec le seul bilan semblable signalé (¹) jusqu'à présent; mais ce résultat ne permet pas d'identifier tous les mésons produisant des désintégrations avec des mésons lourds. De plus, l'énergie incidente étant inférieure à l'énergie de dissociation totale de Br ou Ag, on peut encore interpréter ces grandes étoiles par une évaporation partielle de ces derniers noyaux; la probabilité de leur désintégration par un méson négatif est, en effet, supérieure à celle des autres noyaux présents (cf. Lattès, Muirhead, Occhialini, Powell, *ibid.*).

Le flux possible de neutrons rapides explique seulement, par un mécanisme direct, le nombre des traces de protons qui sont isolées et débutent dans l'émulsion. Il nous semble difficile d'expliquer tous les protons isolés uniquement à partir des étoiles, d'une part parce que les petites étoiles ont une énergie trop faible, d'autre part parce que les grandes étoiles sont trop rares. Mais la production de bursts de protons de grande énergie pourrait rendre compte du nombre et de la répartition énergétique de ces traces isolées.

(¹) Lattès, Muirhead, Occhialini et Powell, *Nature*, 159, 1947, p. 694.

CHIMIE-PHYSIQUE. — *Sur la vitesse d'évolution de la densité apparente de l'oxyde de thorium cru, en fonction de la température.* Note [1] de M. **Marc Foëx**, présentée par M. Paul Lebeau.

Le traitement à haute température d'un échantillon de thorine crue agglomérée par compression s'accompagne d'une contraction considérable. La densité apparente initialement très faible (de l'ordre de 4, la densité réelle de la thorine étant 10,05) est presque doublée après traitement à 1100°C.

Il est possible de faire des constatations analogues sur le produit en poudre, lorsqu'il a été porté à différentes températures, par mesures de densités à l'aide d'un picnomètre dans lequel on introduit du xylène après avoir préalablement fait le vide. Les valeurs obtenues, plus élevées que les densités apparentes du produit aggloméré, sont sensiblement proportionnelles à ces dernières, quand le traitement a été fait à une température inférieure à 1000°C.

J'ai cherché à établir dans ce travail la vitesse de contraction de l'oxyde de thorium cru porté à différentes températures, en observant, à l'aide d'un dilatomètre à visée microscopique, les variations de la longueur d'une éprouvette de cet oxyde. Le produit est préparé par déshydratation de l'oxyde hydraté, à 150°C. sous vide; après broyage (passage au tamis 5000 mailles/cm²), on lui donne une cohésion suffisante au moyen d'une forte compression (3000 kg/cm²). A partir de ces mesures, il est aisé de calculer l'évolution de la densité apparente de l'échantillon et par suite celle de la densité apparente des grains de thorine, ces deux valeurs évoluant d'une façon semblable.

La vitesse de contraction observée est d'autant plus grande que la température est plus élevée. Elle dépend par ailleurs de l'état d'évolution du produit et diminue lorsque la densité apparente initiale est plus grande.

Si l'on considère des échantillons de même densité, on constate que la vitesse d'évolution de la densité apparente D des grains est fonction exponentielle de l'inverse de la température absolue T

$$\frac{dD}{dt} = a.b^{-\frac{1}{T}} \qquad \text{ou} \qquad \log\frac{dD}{dt} = \log a - \frac{1}{T}\log b,$$

a et b étant des constantes dépendant de la densité du produit.

La représentation (*fig.*) de $\log dD/dt$ (l'heure étant l'unité de temps) en fonction de $1/T$, pour diverses valeurs de la densité apparente D (à 20°C.) comprises entre 6,88 et 9,72, donne une série de droites, dont la pente est d'autant plus grande que la densité est plus élevée.

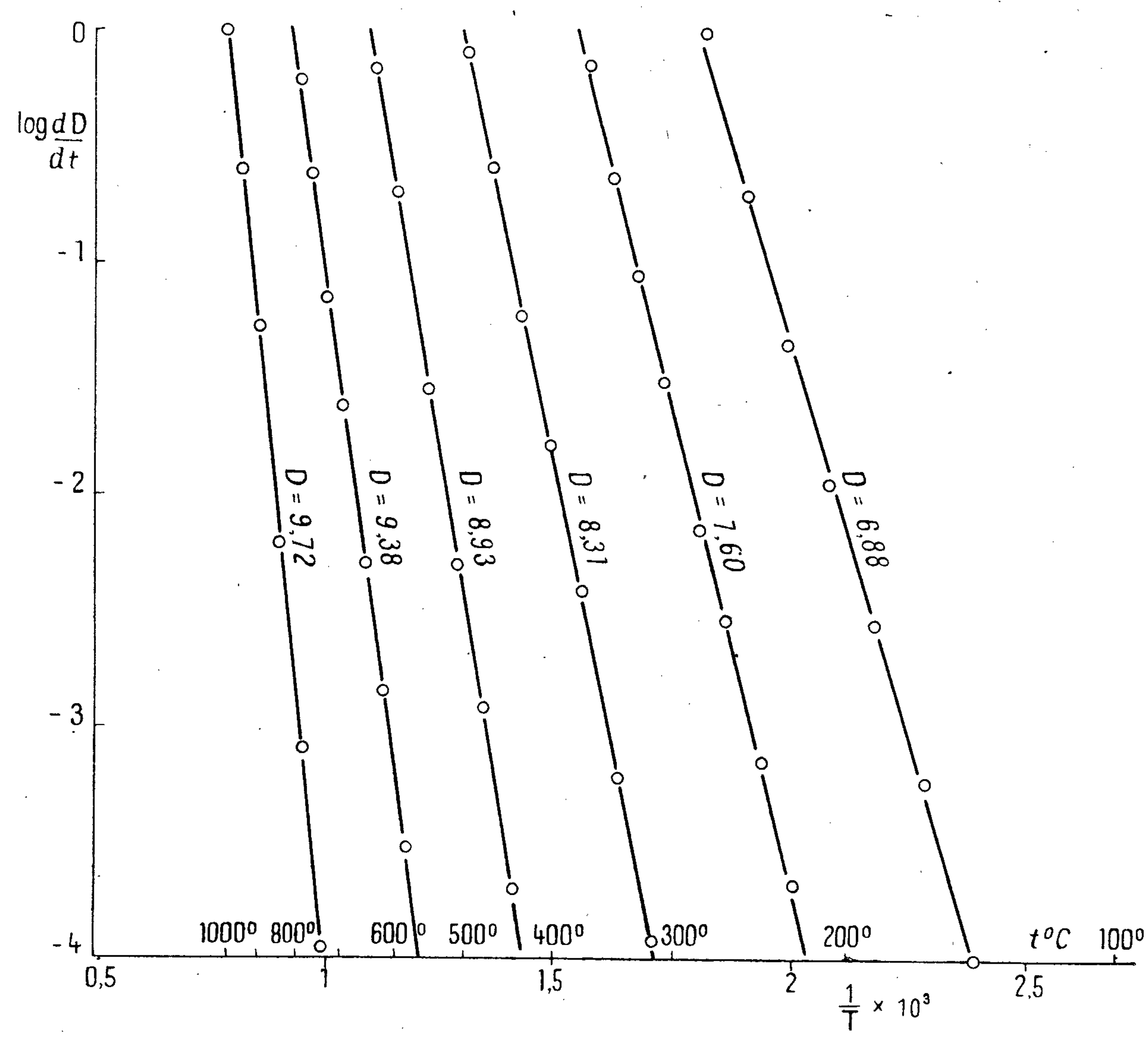
Les constantes a et b, dont la valeur dépend de l'état d'évolution du produit,

---

[1] Séance du 17 novembre 1947.

peuvent pratiquement être représentées chacune par une formule du type $\alpha(1-D/D')^{\beta}$. Le facteur $1-D/D'$ est proportionnel à la porosité, D' étant la densité vraie de la thorine (10,05), α et β étant des constantes spécifiques de cet oxyde.

Le phénomène précédent est lié à l'évolution des microcristaux de très petites dimensions constituant initialement l'oxyde de thorium cru. L'analyse aux



rayons X, par la méthode Debye-Scherrer, donne en effet des diagrammes présentant des raies larges et diffuses, dont la largeur correspond, dans certains cas, à des cristallites de structure cubique du type fluorine, d'une dimension inférieure à 50 Å. Par élévation de la température, les dimensions de ces cristallites augmentent progressivement et deviennent peu à peu considérables; ainsi après un bref traitement de la thorine crue, au-dessus de 1000° C., on obtient un spectre composé de raies fines indiquant la présence de cristaux bien formés de dimensions supérieures à 1000 Å.

Le développement des microcristaux entraîne une augmentation de la densité apparente des grains de thorine formés vraisemblablement d'agrégats de cristallites étroitement rapprochés. Les gaz occlus ou adsorbés peuvent jouer un

certain rôle, la quantité de ces derniers étant fonction de la surface totale présentée par les cristallites.

En conclusion, ce travail a permis d'établir une relation entre la vitesse d'évolution de la densité apparente de l'oxyde de thorium cru et la température. La contraction observée dépend de l'accroissement de dimension des cristallites fines constituant initialement le produit.

CHIMIE-PHYSIQUE. — *Détermination magnéto-optique de la structure de l'ion thiocyanique*. Note de M. **Daniel Voigt**, présentée par M. Paul Pascal.

Nous nous sommes proposé de rechercher si l'ion $[SCN]^-$ a, dans les thiocyanates minéraux dissous, la structure isothiocyanique que nous lui avons reconnue, avec F. Gallais ([1]), dans les solutions de l'acide SCNH lui-même.

Cette fois encore, nous nous sommes adressé à des mesures de pouvoir rotatoire magnétique. Les esters thiocyaniques et isothiocyaniques se différencient nettement du point de vue de l'effet Faraday ([2]); si l'on calcule le pouvoir rotatoire magnétique du premier terme de leurs séries (en tenant compte de la contribution des chaînons $—CH_2—$), on trouve, pour la radiation jaune du mercure ($\lambda = 0{,}^{\mu}5780$), les deux valeurs suivantes :

premier terme des sénevols,	$S = C = N - H$:	$10_2 x[\Lambda]_M$ (minutes)	175,
premier terme des rhodanates,	$N \equiv C - S - H$:	—	125.

Ces valeurs sont utilisables comme termes de référence pour l'étude de l'ion $[SCN]^-$, car l'anion d'un acide s'identifie par sa rotation magnétique avec l'acide lui-même puisque l'ion $[H]^+$, privé d'électron optique, est sensiblement dépourvu d'activité. Cette considération théorique a d'ailleurs reçu une vérification expérimentale [de Mallemann ([3])].

Les sels que nous avons étudiés sont les thiocyanates de sodium, de potassium, d'ammonium et de baryum.

Dans le tableau ci-après sont rassemblés les concentrations des solutions aqueuses examinées, les pouvoirs rotatoires moléculaires $[\Lambda]_M$ des sels qu'elles contenaient (calculés à partir des données expérimentales) et les valeurs qu'on peut en déduire, pour le module $[\Lambda]_I$ de l'ion $[SCN]^-$. Celles-ci ont été déterminées dans chaque cas en retranchant de la constante moléculaire des sels, les constantes ioniques des cations telles qu'elles ont été données par de Mallemann (*loc. cit.*).

Les valeurs obtenues pour l'ion ne s'écartent de leur moyenne que de moins

([1]) *Comptes rendus*, **210**, 1940, p. 104.
([2]) *J. Chim. Phys.*, **36**, 1939, p. 99.
([3]) *Ann. Phys.*, **17**, 1942, p. 360 et **18**, 1943, p. 56.

Sel étudié.	Titre en g/cm³.	$[A]_M.10^2$ ($\lambda = 0{,}578\ \mu$). —	Moyenne.	$[A]_I.10^2$.
Thiocyanate de sodium..........	0,1070	193,0	192,7	174,6
	0,1433	192,7		
	0,1789	192,5		
» de potassium..........	0,0806	202,1	202,8	175,2
	0,1205	203,7		
	0,1502	202,1		
	0,1808	203,3		
	0,2410	202,0		
» d'ammonium........	0,1249	217,2	218,5	176,3
	0,1558	219,2		
	0,3117	219,0		
» de baryum..........	0,1030	407,6	408,3	174,2
	0,1685	404,7		
	0,1752	407,7		
	0,2543	413,0		
Moyenne du module de l'ion $[SCN]^-$ pour les quatre sels.....				175,1

de 0,7 %, et cette moyenne, on le voit, s'identifie pratiquement avec le module du premier terme de la série des sénevols.

Il était prévisible que l'ion $[SCN]^-$, représenté par l'alignement des trois mêmes atomes dans un ordre invariable, aurait, quelle que soit sa provenance, une forme unique, qui pouvait être thiocyanique, isothiocyanique ou mésomère de résonance entre celles-ci. Parmi les nombreux auteurs qui se sont intéressés à ce problème, certains ont cru pouvoir conclure à l'existence d'une telle forme mésomère [J. Goubeau et O. Gott (4), Linnet et H. Thompson (5), études par effet Raman].

On pouvait cependant penser que la forme isothiocyanique doit prévaloir, car, d'une part, la stabilité des isothiocyanates est plus grande que celle des thiocyanates (les premiers sont exothermiques par rapport aux seconds) et d'autre part, le principe de symétrie est en faveur de la forme isothiocyanique.

Nos mesures nous permettent bien de conclure en tout cas qu'aux erreurs d'expérience près, la contribution de la forme thiocyanique à l'état réel de l'ion $[SCN]^-$ n'est pas décelable.

C. Courty a d'ailleurs trouvé que les thiocyanates minéraux solides se classent par leurs coefficients d'aimantation comme des dérivés isothiocyaniques (6).

(4) *Ber.*, **73**, 1940, p. 127.

(5) *J. Chem. Soc. London*, **130**, 1937, p. 1399.

(6) *Bull. Soc. Chim.*, 5, 1936, p. 929, et *Comptes rendus*, **202**, 1936, p. 1929.

CHIMIE-PHYSIQUE. — *Sensibilité au déplacement par le chlorure de sodium des méthylcétones en solution diluée.* Note de M. **Alexandre B. Lindenberg** et M^lle **Odile Lemaignen**, présentée par M. Jacques Duclaux.

En nous basant sur les résultats des expériences de partage des alcools aliphatiques entre l'eau des tissus des poissons et l'eau de leur milieu extérieur, nous avons conclu ([1]) que la sensibilité au déplacement par les sels neutres de ces alcools augmente en fonction de leur grosseur moléculaire. Nous rapportons aujourd'hui des résultats confirmant cette règle en série homologue des méthylcétones aliphatiques.

Pour chacune des cétones étudiées nous avons déterminé simultanément les coefficients de partage entre le tétrachlorure de carbone et l'eau distillée, et entre ce solvant organique et une solution de chlorure de sodium 3 N. Le sel n'étant pas soluble dans le tétrachlorure de carbone, l'accroissement relatif de la valeur du coefficient de partage Phase non polaire / Eau de la solution mesure l'augmentation du coefficient d'activité thermodynamique de la cétone en présence du sel par rapport à la valeur de ce coefficient dans l'eau pure. Étant donnée la tendance des cétones à se polymériser dans le tétrachlorure de carbone ([2]), on a soin d'établir le rapport des concentrations d'équilibre de la cétone dans l'eau distillée (C_0) et dans l'eau salée (C_s) correspondant à une même concentration d'équilibre dans le solvant immiscible.

On réalise cette condition en agitant un volume déterminé de tétrachlorure de carbone avec un volume déterminé des solutions pure et saline de la cétone dont l'activité est la même dans les deux solutions aqueuses. On a alors $C_0/C_s = \gamma_s/\gamma_0$, γ_0 et γ_s étant respectivement les coefficients d'activité de la cétone dans l'eau et dans la solution.

Cétone étudiée	RM_D	$\frac{\gamma_s}{\gamma_0}$	$\frac{\gamma_s/\gamma_0}{RM_D}$
Diméthylcétone	16,15 (19°,4 C.)	1,94	0,120
Méthyléthylcétone	20,67 (15°,9 C.)	2,54	0,123
Méthylpropylcétone	25,20 (20°,2 C.)	3,01	0,1195

Il ressort très nettement de ces résultats que la sensibilité au déplacement par une solution 3N de ClNa des méthylcétones, mesurée par le rapport γ_s/γ_0, varie proportionnellement à leur volume moléculaire, exprimé en termes de réfraction moléculaire à la longueur d'onde D. Le quotient $(\gamma_s/\gamma_0)/RM_D$, de valeur constante, constitue la *sensibilité au déplacement moléculaire*. La raison

([1]) A. B. Lindenberg, *Comptes rendus*, **222**, 1946, p. 202.

([2]) Cette tendance est toutefois peu marquée en solution diluée, lorsque la teneur en cétone du tétrachlorure ne dépasse pas 1 à 2 ‰. Voir aussi : Herz et Lewy, *Jahr. Ber. Schles. Ges. Vaterl. Kultur, Naturwis. Sektion*, 1906, sept., I.

physico-chimique plausible de cette dépendance, déjà exposée lors de l'interprétation des résultats analogues obtenus dans la série homologue des méthylcarbinols aliphatiques ([3]), réside dans le caractère amphipatique des molécules étudiées, dont seul le groupement polaire, hydrophile, est pratiquement responsable de leur hydrosolubilité :

En s'emparant des liaisons de solubilité de l'eau intéressant ces molécules, les sels, pour chaque liaison accaparée, déplacent une molécule organique quelle que soit la grandeur de sa partie hydrocarbonée non polaire. Remarquons, que pour que la théorie de Debye ([4]) soit ici applicable, il faudrait que l'abaissement de la constante diélectrique par l'addition modérée des alcools et cétones soit proportionnel au produit de leur coefficient d'activité par leur volume moléculaire.

Notons, qu'en ce qui concerne l'acétone, nos résultats sont en parfait accord avec l'accroissement relatif du coefficient d'activité calculé de la manière décrite ci-dessus à partir des données de Herz et Stanner ([5]) relatives à une solution 3N de ClNa dans le système benzène-eau.

Notons encore que l'addition d'acide ou d'alcali (N/1000) à la solution aqueuse, pure ou saline, des cétones n'a pas d'effet appréciable sur leur hydrosolubilité.

ÉLECTROCHIMIE. — *Perfectionnement à la méthode d'analyse des oxydes métalliques par réduction électrolytique.* Note ([1]) de M. **Jean Besson**, présentée par M. Louis Hackspill.

J'ai montré ([2]), à la suite de Rollet ([3]), comment la méthode de réduction électrolytique des oxydes supérieurs d'un métal donne dans de nombreux cas des renseignements précis sur la composition de ces oxydes. La courbe : intensité $= f$(temps), qu'elle conduit à tracer, comporte souvent en effet une série de paliers attribués à la succession de plusieurs réactions réversibles entre les oxydes définis du métal. Cette interprétation peut être entièrement justifiée, à partir de la théorie des potentiels d'oxydo-réduction, par un calcul qui sera développé ultérieurement. Mais il y a lieu de signaler immédiatement une difficulté qui paraît parfois mettre la méthode en défaut. On a vu comment la mesure du rapport R des surfaces limitées par deux paliers successifs permet d'identifier de proche en proche tous les paliers à partir de l'un d'entre eux. Or

([3]) Landolt-Börnstein, *Physikalisch-Chemische Tabellen*, II, 1923, pp. 974-976.
([4]) *Z. Physik. Chem.*, **130**, 1927, p. 56.
([5]) *Ibid.*, **128**, 1927, p. 399.

([1]) Séance du 1er décembre 1947.
([2]) *Annales de Chimie*, 12e série, **2**, 1947, p. 559.
([3]) *Ibid.*, 10e série, **13**, 1930, p. 199.

l'expérience montre que ce rapport varie souvent dans une large mesure avec la densité du courant de décharge utilisé; il peut même devenir infini, c'est-à-dire que l'un des paliers disparaît, si la densité de courant dépasse une certaine valeur. La figure 1 donne par exemple les courbes de réduction d'une quantité

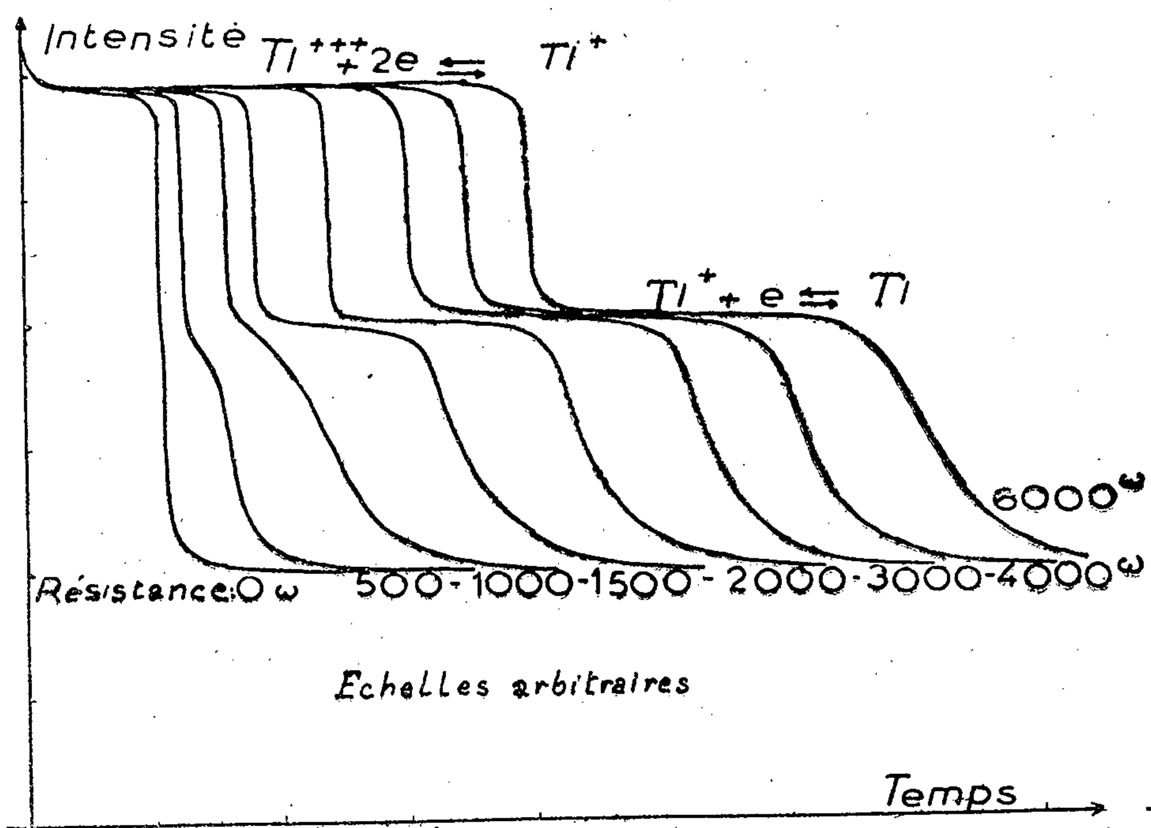


fig. 1

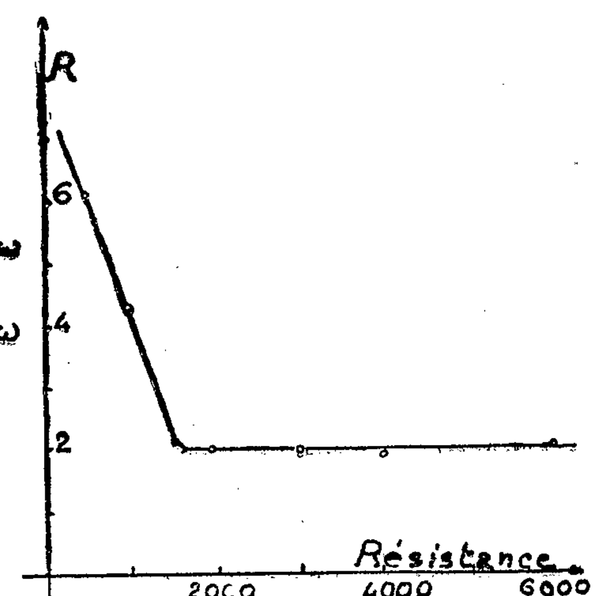


fig. 2

déterminée de peroxyde de thallium déposé par électrolyse en solution acide de nitrate thalleux ([4]). Au lieu de la densité de courant, variable au cours de la décharge, on a noté dans chaque cas la résistance extérieure du circuit. J'ai déjà montré ([4]) que le palier moyen correspond à la réaction $Tl^+ + e \rightleftharpoons Tl^\circ$. Mais, comme le rapport des surfaces limitées par les paliers 1 et 2 prend des valeurs variant de 1,88 à l'infini, il semble impossible d'en déduire la formule du peroxyde.

L'interprétation de ce phénomène est aisée : le long du palier supérieur le peroxyde (nous verrons qu'il s'agit de Tl_2O_3) est réduit en Tl^+ suivant la réaction

$$(1) \qquad Tl^{+++} + 2e \rightleftharpoons Tl^+ \qquad \text{avec} \quad E_1\,\text{volt} = 1,25 + 0,03 \log \frac{|Tl^{+++}|}{|Tl^+|}.$$

Mais l'ion Tl^+ ainsi formé peut également être réduit suivant

$$(2) \qquad Tl^+ + e \rightleftharpoons Tl^\circ \qquad \text{avec} \quad E_2\,\text{volt} = -0,34 + 0,06 \log |Tl^+|.$$

En l'absence de courant, les systèmes (1) et (2) tendent à se mettre en équilibre, et les valeurs des potentiels montrent que cet équilibre ne peut être atteint, c'est-à-dire que tout le métal qui pourrait se former est oxydé en Tl^+. Il en est de même si l'intensité de décharge est assez faible. Dans ce cas, c'est bien le peroxyde et lui seul qui est réduit le long du palier supérieur. Mais la

([4]) Voir Besson, *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 1226.

réaction d'oxydation de (2) par (1) est lente, puisqu'elle fait intervenir des corps non ionisés. Si l'intensité de décharge devient de plus en plus forte, donc la décharge de plus en plus rapide, cette réaction reste incomplète, une partie de plus en plus importante des ions Tl^+ est réduite en Tl^0 au cours du premier palier et la longueur du second en est diminuée d'autant, jusqu'à s'annuler, d'où une valeur erronée du rapport R.

De même le palier inférieur correspond à la réaction

(3) $2H^+ + 2e \rightleftharpoons H_2$ avec E_3 volt $= -0,84 - 0,03.\log|H_2|$, à pH 14.

Si la décharge est lente, les systèmes (2) et (3) ont le temps de se mettre en équilibre; si elle est trop rapide, l'hydrogène se dégage dès le palier intermédiaire.

Il est heureusement facile de pallier cette difficulté. Il suffit en effet de tracer la courbe donnant la valeur de R en fonction de la résistance du circuit. Quand cette résistance tend vers l'infini les considérations ci-dessus montrent que R tend vers sa vraie valeur R_0. La figure 2 donne cette courbe pour le thallium. On voit que R_0 vaut très exactement 2, d'où la formule déjà donnée du peroxyde : Tl_2O_3.

Le même phénomène a été observé pour le nickel, le palier intermédiaire n'apparaissant qu'aux faibles densités de courant. Bien que, par suite de la lenteur des réactions, ce palier n'ait pu être obtenu en totalité, R semble ici tendre vers 1/2, ce qui correspond bien à la formule Ni_3O_4.

En résumé, les remarques ci-dessus conduisent à opérer de la façon suivante : la réduction électrolytique d'une quantité bien déterminée du peroxyde à étudier est effectuée à densités de courant décroissantes. Des courbes correspondantes on déduit la valeur limite pour une intensité nulle, du rapport des surfaces des paliers. La formule des oxydes résulte de cette valeur exacte.

CHIMIE MINÉRALE. — *Extraction rapide de l'oxyde de lanthane pur à partir des terres rares*. Note [1] de M. **Félix Trombe**, présentée par M. Paul Lebeau.

Le lanthane n° atomique 57, premier élément du groupe des terres rares, est aussi celui qui, à l'état d'oxyde, présente la plus grande basicité [2]. Cette propriété a été mise à profit par Prandlt [3] pour la préparation de l'oxyde pur de ce métal. Prandlt ajoute aux azotates des terres rares un azotate de métal divalent (Mg, Zn, Ni, Cd) et de l'azotate d'ammonium; il augmente ainsi, en retardant la précipitation, le pouvoir séparateur du traitement effectué à l'aide

---

(1) Séance du 24 novembre 1947.

(2) Britton, *J. Chem. Soc.*, **127**, 1935, p. 2110.

(3) *Z. Anorg. Chem.*, **143**, 1925, pp. 277-284.

d'une solution ammoniacale. Dorfurt et Schliephake [4] substituent aux azotates les perchlorates de terres rares. Ils réalisent par précipitation basique fractionnée la même séparation, sans intervention de sel étranger.

J'ai montré précédemment [5] que l'on pouvait isoler très rapidement l'oxyde d'yttrium des terres yttriques par action progressive de gaz ammoniac, dilué dans un courant d'air, sur une solution d'un sel de terre rare, et en particulier d'azotate.

L'air chargé de gaz ammoniac circule dans la solution, la brasse continuellement et se trouve au contact d'une grande surface de liquide. Il en résulte une augmentation progressive du pH, sans concentration locale de base, jusqu'au seuil de précipitation d'un composé déterminé; le volume total du liquide peut être maintenu à sa valeur initiale, quel que soit le nombre de précipitations successives effectuées.

Cette méthode a permis de préciser le pH correspondant au seuil de précipitation de l'hydroxyde de lanthane à partir de sa solution sous forme d'azotate [6]. Ce pH est, pour toutes les concentrations de la solution, notablement plus élevé que ceux qui correspondent à la précipitation des autres oxydes rares.

Une solution de nitrates de terres rares à 50 % de lanthane, dans laquelle le cérium a été éliminé par passage à l'état cérique, est traitée par la méthode précédente. Chacun des précipités successifs obtenus est séparé de la liqueur mère par une filtration. Les fractions sont caractérisées par leur spectre d'absorption et leur susceptibilité magnétique χ; la mesure de χ permet de déterminer avec précision la pureté du lanthane qui est le seul ion diamagnétique (à l'état trivalent) de tout le groupe cérique.

On obtient ainsi quatre fractions ayant les caractères suivants :

1re *fraction* ($\chi = + 32.10^{-6}$) (composition : terres yttriques + samarium + néodyme + praséodyme + petites quantités de lanthane;

2e *fraction* ($\chi = + 19.10^{-6}$) (composition : néodyme + praséodyme + 15 % environ du lanthane initial);

3e *fraction* ($\chi = + 0,21.10^{-6}$) (composition : 40 % de l'oxyde de lanthane initial à 98 % de La_2O_3; impuretés : néodyme, praséodyme);

4e *fraction* ($\chi = - 0,34.10^{-6}$) (composition : 40 % de l'oxyde de lanthane initial à 99,7 % de La_2O_3; impureté probable : faibles traces de néodyme).

Les résultats précédents, particulièrement nets, sont dus à plusieurs conditions opératoires simultanément favorables à la séparation de l'oxyde de lanthane :

1° La méthode elle-même permet d'atteindre très progressivement un pH donné dans la solution.

---

(4) *Z. Anorg. Chem.*, **170**, 1928, pp. 129-144.

(5) *Comptes rendus*, **215**, 1943, pp. 539-541.

(6) *Comptes rendus*, **216**, 1943, pp. 888-890.

2° La différence entre le seuil de précipitation de l'oxyde de lanthane et ceux des autres oxydes de terres rares est assez grande (supérieure à 0,7 pH en moyenne), pour permettre une séparation totale.

3° Le lanthane est à l'état d'oxyde l'élément le plus basique du groupe; il s'ensuit que la solution initiale, tout en abandonnant dans les précipités successifs une faible partie de son lanthane, s'enrichit progressivement en cet élément. *Le fractionnement est continu lors de la précipitation.* Par contre, lorsque dans un mélange, il s'agit d'obtenir l'élément le moins basique ou un élément de basicité intermédiaire, le traitement s'avère beaucoup plus difficile. Le produit à séparer se trouve toujours dans la phase solide, et l'on doit procéder à une division, suivie d'un véritable fractionnement long et laborieux, pour obtenir des résultats comparables à ceux que nous venons d'indiquer à propos de la séparation de l'oxyde de lanthane. Ainsi à partir d'un mélange d'oxydes d'yttrium et d'erbium, nous avons pu facilement isoler à l'état pur la plus grande partie de l'oxyde d'yttrium, plus basique que celui d'erbium. Au contraire, la séparation partielle de ce dernier a demandé de longs mois de fractionnement.

En résumé, un traitement comportant seulement l'utilisation d'acide azotique et de gaz ammoniac, traitement d'une durée égale, sinon inférieure, à celle d'une opération chimique courante, permet d'extraire, dans un excellent état de pureté, la plus grande partie de l'oxyde de lanthane contenu dans le groupe des terres rares.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur l'absorption de l'oxyde de carbone par les solutions de carbonate cuivreux ammoniacal. Dissimulation de l'oxyde de carbone.* Note [1] de MM. **Marcel Patry** et **Robert Duguet**, présentée par M. Paul Pascal.

On sait que les solutions aqueuses de carbonate cuivreux ammoniacal absorbent énergiquement l'oxyde de carbone en formant une combinaison complexe. On admet que cette combinaison est fragile et que le CO est facilement déplacé par action du cyanure de potassium. Le mécanisme de cette absorption n'est cependant pas encore connu avec certitude.

Nous avons fait barboter, à température constante, des mélanges d'oxyde de carbone et d'azote en proportions variables dans une solution de composition voisine de celle qui est utilisée dans l'industrie :

$$CO_2 : 12,5\,\% - NH_3 : 10,5\,\% - Cu : 11\,\% - \frac{[Cu^+]}{[Cu^{++}]} = 3.$$

L'azote n'ayant aucune influence sur les phénomènes observés, tout se passe comme si l'on opérait sous des pressions variables d'oxyde de carbone.

Nos essais avaient pour objet de déterminer la vitesse de fixation de l'oxyde de carbone par les solutions cuivreuses. L'oxyde de carbone fixé est déduit d'une part, avec certitude, des mesures de volume de gaz à l'entrée et à la

(1) Séance du 24 novembre 1946.

sortie de l'absorbeur, d'autre part des analyses effectuées dans la liqueur. Dans ce dernier cas, on dose l'oxyde de carbone en le déplaçant par le cyanure de potassium de la combinaison complexe où il se trouve engagé, en dégazant la solution à la burette de Grümelunge et en analysant le gaz obtenu. On mesure ainsi directement l'oxyde de carbone libéré. En réalité, un dégazage préalable avant l'introduction du cyanure a montré qu'une partie de l'oxyde de carbone se trouvait simplement à l'état dissous et qu'il pouvait être mesuré d'une façon distincte de celui qui est engagé dans la combinaison complexe.

On a constaté au cours d'expériences, dont la durée a été de l'ordre de plusieurs jours, que la quantité de CO effectivement fixée (déduite des mesures de volumes des gaz à l'entrée et à la sortie de l'absorbeur) croissait avec le temps, régulièrement, jusqu'à la saturation, obtenue après 75 heures de passage environ. Par contre, il n'en est pas de même de la quantité de CO déduite des analyses effectuées dans la solution par le procédé au cyanure indiqué plus haut. En effet, l'analyse de l'oxyde de carbone par le procédé au cyanure ne rend pas compte du CO absorbé. Les valeurs trouvées sont toujours inférieures à celles qui sont déduites des mesures de volumes. Au début de l'absorption le CO, décelable par le procédé au cyanure, croît tout en restant inférieur en quantité à celui qu'on déduit des mesures de volumes. Cette quantité de CO passe ensuite par un maximum, puis décroît et devient de plus en plus faible au cours du temps. Quand les mesures de volumes montrent que la liqueur est saturée, le dosage au cyanure n'indique qu'une très faible quantité de CO. Bien plus, si on laisse la liqueur au repos pendant un temps suffisamment long, l'analyse donne des résultats tendant vers zéro.

Le tableau ci-dessous se rapporte à une expérience exécutée à 33° sur 1[l] de solution avec un mélange gazeux à 50 % de CO. L'allure générale des phénomènes n'est pas changée si l'on fait varier la température ou la composition du mélange. Une augmentation de la pression partielle du CO conduit à une absorption plus rapide et plus importante. Une élévation de température a une influence inverse.

TABLEAU.

Temps (h)....	2.	5.	10.	15.	20.	40.	60.	70.	75	80.	85.	90.
CO abs. (l)...	4,4	12,5	21,7	24,2	26,7	41,5	55,0	60,4	63,2	64,6	67	69,3
CO dosé(l)...	1,7	4,7	9,1	9,2	8	5,8	4,2	4,2	4,1	4,1	3,7	3,4
Ecart........	2,7	7,8	12,6	15,0	18,7	25,7	50,8	56,2	59,1	60,5	63,3	65,8

Ainsi l'oxyde de carbone absorbé par les liqueurs de carbonate cuivreux ammoniacal peut se trouver, dans le cas général, sous trois formes différentes :

1° Dissolution physique.

2° Complexe peu stable décelable par le cyanure de potassium.

3° Complexe plus stable non décelable par le cyanure de potassium.

L'absorption de CO a lieu tout d'abord sous les formes 1 et 2 (la dissolution physique précédant d'ailleurs la formation du complexe). Avec le temps le système évolue vers la troisième forme qui est la forme la plus stable.

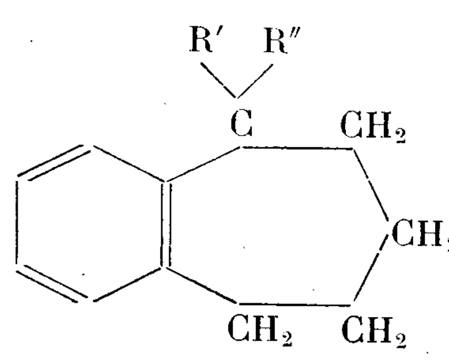
CHIMIE ORGANIQUE. — *Action des chlorures tertiaires γ-éthyléniques sur le benzène.* Note (¹) de MM. **Jean Colonge** et **André Lagier**, présentée par M. Marcel Delépine.

La réaction de Friedel et Crafts entre halogénures éthyléniques et hydrocarbures aromatiques n'a été essayée jusqu'ici qu'avec des halogénures vinyliques et allyliques. Au cours d'une étude sur les alcools tertiaires γ-éthyléniques, nous avons préparé les chlorures suivants :

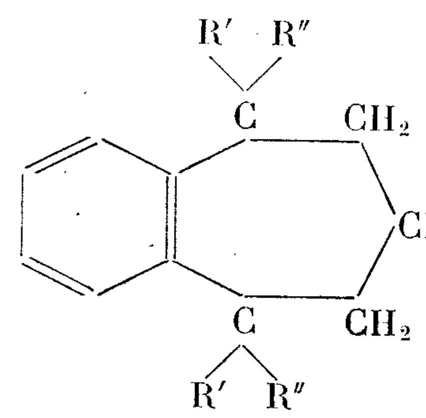
(I) Méthyl-5 chloro-5 hexène-1............ $(CH_3)_2CCl.CH_2.CH_2.CH{=}CH_2$
(II) Triméthyl-5-6-6 chloro-5 heptène-1..... $(CH_3)_3C.C(CH_3)Cl.CH_2.CH_2.CH{=}CH_2$
(III) Diméthyl-2-6 chloro-6 heptène-2....... $(CH_3)_2CCl.CH_2.CH_2.CH{=}C(CH_3)_2$

Si on les fait réagir avec le benzène, en présence de chlorure d'aluminium, on obtient simultanément un composé bicyclique [dialcoyl-1-1 benzo-6-7 subérane (IV) ou dialcoyl-1-1-5-5 benzo-6-7 subérane (V)] et un composé auquel nous attribuons une constitution tricyclique représentée par la formule (VI), mais dont nous ne pouvons assurer que la masse moléculaire et la composition centésimale.

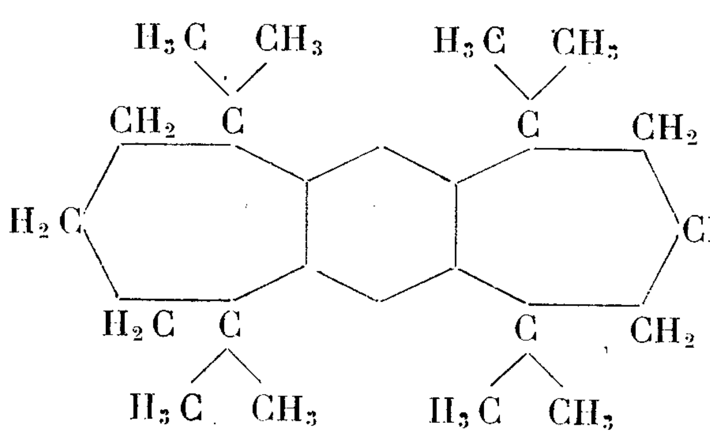
La constitution des polyméthylbenzosubéranes est démontrée par oxydation acétochromique qui conduit, selon le cas, à l'acide diméthylhomophtalique ou à l'anhydride du tétramétho-1_1-1_1-2_1-2_1 diéthyloïque-1-2 benzène (VII).



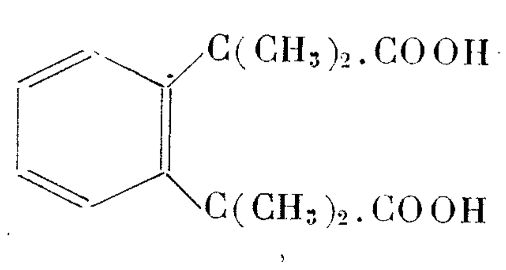
(IV).



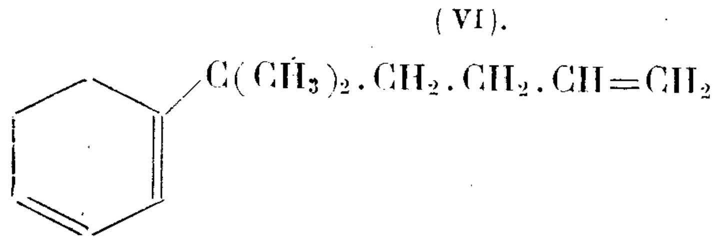
(V).



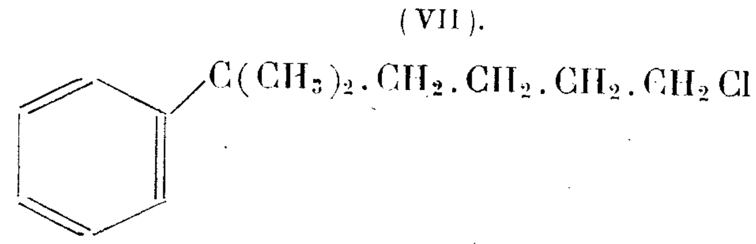
(VI).



(VII).



(VIII).



IX).

(¹) Séance du 24 novembre 1947.

La formation d'un benzosubérane doit se faire en trois temps : *a*. Réaction normale du chlorure sur le benzène, donnant le composé (VIII); *b*. Addition d'acide chlorhydrique sur la liaison éthylénique, donnant le composé (IX); *c*. Cyclisation : Il faut admettre que, dans la phase *b*, l'acide chlorhydrique s'additionne sur la double liaison dans le sens inverse de celui qui est indiqué par la règle de Markownikow, sauf avec le chlorure (III).

Remarquons que la substitution du diméthyl-2-6 dichloro-2-6 heptane $(CH_3)_2CCl.CH_2.CH_2.CH_2.CCl(CH_3)_2$ au chlorure (III) conduit aux mêmes produits, ce qui étaye le mécanisme réactionnel précédent

Triméthyl-2-2-3 *heptène*-6 *ol*-3, $C_{10}H_{20}O$. — Obtenu par action de l'iodure de méthylmagnésium sur l'allylpinacolone; liquide, E_{10} 74°; d_4^{21} 0,862; n_D^{21} 1,4530.

Méthyl-2 *chloro*-2 *hexène*-5, $C_7H_{13}Cl$. — Se prépare par action de l'acide chlorhydrique commercial sur l'alcool correspondant. Rdt. 85 %, liquide incolore, E_{22} 41°; E_{749} 134°; d_4^{25} 0,879; n_D^{25} 1,4311.

Triméthyl-2-2-3 *chloro*-3 *heptène*-6, $C_{10}H_{19}Cl$. — Préparé de la même façon que le composé précédent; Rdt. 72 % ; liquide incolore; E_{16} 82°; d_4^{23} 0,910; n_D^{23} 1,4588.

Diméthyl-2-6 *chloro*-2 *heptène*-5, $C_9H_{17}Cl$. — Action du chlorure de thionyle sur l'alcool correspondant en présence de diméthylaniline; Rdt. 44 % ; liquide incolore, d'odeur piquante; E_{16} 71°; d_4^{21} 0,885; n_D^{21} 1,4513.

Diméthyl-2-6 *dichloro*-2-6 *heptane*, $C_9H_{18}Cl_2$. — Déjà préparé par Bruylant (²); on envoie du gaz chlorhydrique dans le mélange de 100ᵍ d'acide commercial et de 47ᵍ de diméthyl-2-6 heptène-6 ol-2; Rdt. 90 %. Solide blanc F 43°; E_{16} 94°; sublimable même à froid.

Diméthyl-1-1 *benzo*-6-7 *subérane*, $C_{13}H_{18}$. — Addition progressive de 12ᵍ du chlorure (I) au mélange de 100ᵍ de benzène et de 2ᵍ de chlorure d'aluminium anhydre à 20°, on termine par les traitements habituels; Rdt. 33 % ; liquide incolore; E_{16} 116°; d_4^{21} 0, 924; n_D^{21} 1,5141. Oxydé par l'anhydride chromique, cet hydrocarbure conduit à l'acide diméthylhomophtalique (Rdt. 30 %), il a déjà été préparé par l'un de nous (³) et par une autre voie.

Méthy-1 *tert. butyl*-1 *benzo*-6-7 *subérane*, $C_{16}H_{24}$. Préparé à partir du chlorure (II); Rdt. 52 % ; liquide incolore, visqueux; $É_{12}$ 141°; d_4^{19} 0,931; n_D^{19} 1,5168.

Tétraméthyl-1-1-5-5 *benzo*-6-7 *subérane*, $C_{15}H_{22}$. Préparé à partir du chlorure (III); Rdt. 30 % ; liquide visqueux, $É_{15}$ 130°; d_4^{23} 0,925; n_D^{23} 1,5122; oxydé par le mélange acétochromique, il donne l'anhydride du tétraméthodiéthyloïque benzène (VII).

Composé tricyclique (VI), $C_{24}H_{38}$. Obtenu en même temps que le composé

(²) *Rec. Trav. Chim. P. B.*, **29**, 1910, p. 133.

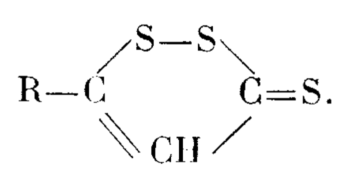
(³) Colonge et Chambion, *Bull. Soc. Chim.*, **14**, 1947, p. 388

précédent; Rdt. 12 %; tandis qu'en utilisant le diméthyl-2-6 dichloro-2-6 heptane le rendement s'élève à 22 %. Solide blanc, F 147° (éther de pétrole).

Anhydride du tétramétho-1_1-1_1-2_1-2_1 *di-éthyloïque*-1-2 *benzène*, $C_{14}H_{18}O_3$. On oxyde 2g de tétraméthylbenzosubérane dissous dans 50cm³ d'acide acétique et 25cm³ d'eau, par 16g d'anhydride chromique à ébullition pendant 2 heures; après avoir chassé 50cm³ de liquide, on ajoute 75cm³ d'eau et l'on extrait à l'éther. Après départ du solvant, le produit cristallise; Rdt. 21 %. F 116° (éther de pétrole).

CHIMIE ORGANIQUE. — *Dérivés d'addition du trithioanéthol.* Note [1] de MM. **Noël Lozac'h** et **Olivier Gaudin**, présentée par M. Paul Pascal.

Dans des Notes antérieures [2] [3], il a été montré que le soufre peut agir sur l'anéthol ou l'eugénol en donnant des dérivés trisulfurés auxquels nous avons attribué la formule suivante [3] :



La présente Note a pour objet de décrire les réactions d'addition que donnent ces corps avec les halogènes et avec les halogénures de métaux lourds. La réaction du trithioanéthol sur certains sels métalliques a été indiquée dans un récent article [4] dont nous n'avons eu connaissance qu'après avoir terminé ce travail. La réaction avec les halogènes, à notre connaissance, ne semble pas avoir été jusqu'ici décrite.

Qu'il s'agisse d'un halogène ou d'un halogénure métallique, la préparation des composés d'addition avec le trithioanéthol est très simple : le corps trisulfuré, dissous dans un solvant convenable, le benzène par exemple, est additionné du réactif dissous dans le même solvant. Il se forme immédiatement un précipité microcristallin qu'on lave sur filtre avec un peu de solvant, puis on sèche. On obtient de la sorte des dérivés d'une pureté satisfaisante, sans qu'il soit nécessaire de faire recristalliser. Les points de fusion que nous donnerons sont des points de fusion instantanée. Leur détermination est assez aléatoire, par suite de l'instabilité des composés envisagés. Les dosages d'halogènes furent effectués selon la méthode de Baubigny.

Trithioanéthol et chlore : $C_{10}H_8OS_3$, Cl_2. Cristaux jaune orangé, F 98°. Cl % : calculé 22,8, trouvé 24,8.

Trithioanéthol et brome : $C_{10}H_8OS_3$, Br_2. Cristaux jaune orangé, F 156°. Br % : calculé 40,0, trouvé 39,5.

---

(1) Séance du 1er décembre 1947.

(2) O. Gaudin et R. Pottier, *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 479.

(3) N. Lozac'h, *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 686.

(4) B. Böttcher et A. Lüttringhaus, *Ann. d. chemie.*, 557, 1947, p. 89.

Trithioanéthol et iode : $C_{10}H_8OS_3$, I_2. Cristaux rouge brun, F164°. I % : calculé 51,4, trouvé 51,5.

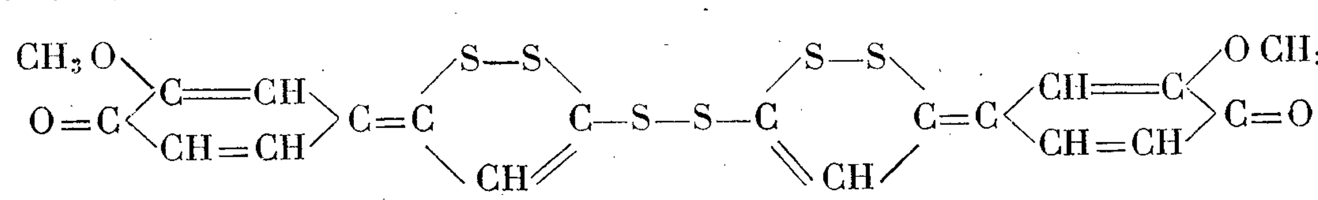
Trithioanéthol et chlorure mercurique : $C_{10}H_8OS_3$, Cl_2Hg. Cristaux jaunes, F220°. Cl % : calculé 13,9, trouvé 15,1.

Trithioanéthol et trichlorure d'antimoine : $C_{10}H_8OS_3$, Cl_3Sb, cristaux jaune orangé, F132°. Cl % : calculé 22,7, trouvé 21,2-22,2.

Trithioanéthol et pentachlorure d'antimoine. — Les résultats sont moins nets et la température de fusion du composé d'addition obtenu variait d'une expérience à l'autre, ainsi que la teneur en chlore : Cl %, calculé pour $C_{10}H_8OS_3$, Cl_5Sb, 32,9, trouvé 29,7-33,5.

Trithioanéthol et chlorure stannique : $2C_{10}H_8OS_3$, $SnCl_4$. Cristaux ocres, F185°. Cl % : calculé 19,2, trouvé 19,2-20,1. On remarquera qu'ici, contrairement aux autres cas, les proportions moléculaires sont **2:1** et non **1:1**.

Nature des composés obtenus. — Dans le cas des halogènes, on pourrait envisager une addition sur une double liaison du trithioanéthol. La rapidité de la réaction, et son caractère quantitatif même dans le cas de l'iode, doivent écarter la possibilité d'une addition sur la double liaison C=C. Il est donc très vraisemblable que ces réactions d'addition se font par les fonctions sulfurées, car de tels exemples, surtout des additions de sels de métaux lourds, ont été déjà signalés dans la chimie des dérivés du soufre. Il y a donc deux éventualités à envisager : addition sur les soufres du cycle, ou sur la fonction thione. Il est impossible d'émettre actuellement un jugement définitif sur cette question, car on manque, en particulier, de points de comparaison. Nous signalerons toutefois une observation qui paraît militer en faveur du mécanisme où intervient la fonction thione : c'est l'action de l'iode sur le trithioeugénol qui diffère notablement de ce que l'on observe avec le trithioanéthol. Le précipité qui se forme a une teneur en iode de 20,2 %. La teneur calculée pour $C_{10}H_8O_2S_3$, I_2 est 49,9. Or nous avons déjà signalé (3) que l'on peut envisager, pour le trithioeugénol une tautomérie thione-thiol. La faible teneur en iode du précipité formé viendrait de ce que le produit d'addition iodé, provenant de la forme thione, serait souillé d'un produit de dédoublement non iodé, provenant de la forme thiol dont la formule serait



GÉOLOGIE. — *Sur la présence de roches éruptives antérieures à la phase majeure de la tectonique hercynienne, dans les terrains dinantiens du Sud-Est de la Montagne Noire (Hérault)*. Note de M. **Bernad Gèze**, présentée par M. Charles Jacob.

On connaît depuis longtemps l'existence de *porphyrites* dans le Sud-Est de la Montagne Noire, au voisinage des villages de Laurens, Gabian, Vailhan,

Neffiès et Cabrières. Pour les principaux auteurs antérieurs (Bergeron, de Rouville et Delage), ces porphyrites seraient venues dans la formation schisto-gréseuse viséenne du substratum postérieurement à la mise en place de la grande écaille hercynienne de Laurens-Cabrières qu'elles traverseraient localement. Elles atteindraient même, pour les plus récentes d'entre elles, les niveaux inférieurs du Permien transgressif.

J'ai pu reconnaître l'inexactitude de la plupart de ces remarques.

Le Permien n'est jamais intéressé par les venues porphyritiques. Dans la seule zone, proche de Gabian, où l'on observe le contact des deux terrains, la porphyrite, pourrie et rubéfiée en surface, avant la sédimentation permienne, se trouve seulement à l'état remanié, comme constituant d'un grès grossier dans la base de l'Autunien. D'ailleurs, déjà des fragments en figurent dans la base du Stéphanien, là où cet étage est conservé.

L'écaille de Laurens-Cabrières n'est pas traversée par les porphyrites. Les schistes siluriens et les calcaires dévoniens de l'écaille sont en contact mécanique au-dessus des porphyrites, souvent fort broyées et même *schistosées* près de la surface de charriage, dans toute la région occidentale. Dans la région orientale, les anomalies apparentes s'expliquent soit par le fait que de petits paquets de porphyrites ont été entraînés dans les schistes siluriens, lors du chevauchement de ces derniers, soit par la présence de roches différentes des porphyrites vraies, qui sont incluses dans le Viséen de l'écaille.

Il est probable que les porphyrites sont dinantiennes et antérieures à l'essentiel de la formation schisto-gréseuse viséenne. L'examen pétrographique de ces porphyrites permet de reconnaître des *andésites*, souvent fluidales, à plagioclases albitisés et calcifiés, hornblende brune, augite et beaucoup d'apatite, des *dacites* (et dacitoïdes), analogues aux précédentes toujours avec beaucoup d'apatite, mais renfermant en outre de la biotite et du quartz souvent pœcilitique, enfin de rares *dolérites* plus ou moins quartziques, à biotite, et même quelques *rhyolites*.

Les andésites et dacites, paraissant associées, constituent vraiment le groupe porphyritique. Dans la région occidentale, sous l'écaille de Laurens-Cabrières, elles reposent, et sont le plus souvent glissées, sur la formation schisto-gréseuse viséenne du substratum, qui appartient à une série renversée [1]; mais, sous réserves des broyages et de l'altération intense qui empêchent d'être affirmatif, il semble qu'en quelques points les schistes gréseux renferment des débris de porphyrites et que des tufs éruptifs contribuent, sur quelques mètres, à la genèse des grès. De même, les affleurements restreints de porphyrite isolée se présentent plutôt comme de petits paquets engagés dans les schistes que comme des filons les traversant.

---

[1] J'ai décrit cette unitée tectonique sous le nom de *Nappe des Monts de Faugères* (*Bull. Soc. géol. Fr.*, 5e série, 15, 1945, pp. 112 à 115).

Par contre, dans la région orientale, où se trouvent les rares dolérites quartziques et les rhyolites, il existe incontestablement des filons plus récents qui traversent les formations viséennes.

L'examen des grès et des poudingues intra-viséens démontre, en outre, que des roches granitiques se sont mises en place au début de cette période.

Sans doute, dans toutes les séries détritiques antérieures, existe-t-il des minéraux, et même parfois des galets, provenant de roches éruptives ou métamorphiques, mais tous paraissent résulter du démantèlement de formations antécambriennes ou du Cambrien inférieur. Au contraire, dans le Viséen, certains niveaux grossiers renferment des éléments éruptifs d'une rare fraîcheur, prouvant un transport très réduit, qui ne peuvent en tout cas pas provenir de zones antécambriennes émergées au loin ou de sédiments antérieurs remaniés. Près de la ferme du Temple de Cabrières, notamment, j'ai découvert une arkose ayant presque l'aspect d'un granite légèrement écrasé. Comme l'essentiel des granites de la Montagne Noire et des Cévennes méridionales s'est mis en place à la fin de la phase hercynienne majeure (Westphalien), ils ne peuvent pas expliquer non plus ces résidus arkosiques.

Nous sommes donc conduit à admettre l'existence, dans le Sud-Est de la Montagne Noire, de venues éruptives (granites, dacites, andésites, peut-être rhyolites et dolérites quartziques) sans doute dès le début du Dinantien, mais, de toutes façons, avant la phase majeure westphalienne de la tectonique hercynienne.

PALÉONTOLOGIE. — *Sur quelques types de pontes du Grès à* Voltzia (*Trias inférieur*) *des Vosges*. Note de M. **Louis Grauvogel**, présentée par M. Charles Jacob.

Certains des feuillets périodiques (*microcycles de sédimentation*) qui constituent les lentilles argileuses intercalées dans le Grès à *Voltzia* des Vosges sont caractérisés par de curieuses associations de restes animaux et végétaux, susceptibles de nous éclairer sur le milieu biologique, sur le climat et, peut-être, dans une certaine mesure, sur les variations saisonnières qui régnaient dans la région à la fin du Trias inférieur ([1]).

C'est ainsi que des types variés de pontes, aisément reconnaissables, sont régulièrement associés à des larves aquatiques d'insectes ailés et à des fleurs mâles de *Voltzia* avec étamines bien conservées. Je voudrais donner ici la description sommaire de quelques-unes de ces pontes, en laissant de côté toutes celles du type bien connu *Palaeoxyris*.

1. *Œufs à auréole individuelle*. — Ils se présentent sur les feuillets schisteux

([1]) L. Grauvogel, *Contribution à l'étude du Grès à* Voltzia (3 Notes) (*C. R. S. G. F.*, 3, 17 février et 3 mars 1947).

en disques bruns plus ou moins foncés mesurant $0^{mm},15$ à $0^{mm},2$, avec auréole claire d'un diamètre de $0^{mm},25$ à $0^{mm},27$. Disques et auréoles sont toujours parfaitement circulaires, concentriques et nettement délimités. L'œuf était donc sphérique et entouré d'un mucus pourvu de membrane.

Le disque brun montre souvent une ou deux taches noires, taches oculaires de l'embryon.

Ces œufs sont isolés ou en petits amas irréguliers, retenus par un mucus dont l'empreinte demeure parfois nettement visible. Ces amas semblent être des fragments de pontes complètes plus volumineuses. Une telle ponte, à contour à peu près circulaire de 80^{mm} de diamètre, montre en son centre un débris ligneux mesurant 24×7^{mm} : j'ai évalué le nombre des œufs à au moins 6000.

Il s'agit probablement de pontes de poissons dont les restes se retrouvent dans les mêmes microcycles ou dans les microcycles suivants.

2. *Pontes en chapelet ou cordon ovigère.* — Elles rappellent, à une échelle fortement réduite, les pontes des crapauds actuels. Le *cordon ovigère*, qui renferme 400 à 2000 œufs placés en file, est très lâchement pelotonné et affaissé sur un espace ovale de 250 à 700^{mm^2}. Les œufs, ronds, mesurent 0,07 à $0^{mm},08$. Leur enveloppe chitineuse est brune et montre souvent par transparence les deux taches oculaires noires de l'embryon. Dans quelques-unes de ces pontes, les œufs sont éclos, les deux moitiés de la coque restant accolées par une petite charnière.

Avec ces pontes en chapelet se rencontrent surtout des *Estheria*, mais aussi des ailes et des larves aquatiques d'insectes divers, ainsi que des radicelles de Fougères.

Certains Trichoptères actuels (*Holocentropus*) donnent des pontes en cordon ovigère analogue ([2]).

3. *Pontes en masses ovigères gélatineuses.* — Elles ressemblent également beaucoup à celles de certains Trichoptères actuels (*Phryganea*, *Glyptotelius*), et leurs empreintes se présentent sous deux formes :

a. En boudin unique long de 20 à 50^{mm}, large de 2 à 9^{mm}, arrondi aux deux extrémités, souvent incurvé en « S » très ouvert, renfermant sans ordre apparent 300 à 1000 œufs *ellipsoïdaux* mesurant $0^{mm},3$ sur $0^{mm},2$, à enveloppe chitineuse brune. Parfois chaque œuf de la ponte renferme encore son embryon. Le plus souvent tous les œufs sont éclos et les coques ouvertes en deux valves comme une coquille de moule en miniature. La forme des œufs est fréquemment conservée, soit en relief, soit en creux.

b. En deux boudins analogues aux précédents, mais accolés par un bout, en « V » plus ou moins ouvert. Chacun de ces boudins, long de 8 à 12^{mm} et large de 1,6 à 2^{mm}, renferme 600 à 1000 œufs *sphériques*, soit pour la ponte

([2]) E. Rousseau, *Larves et nymphes aquatiques des Insectes d'Europe*, 1921.

complète 1200 à 2000 œufs d'un diamètre d'environ $0^{mm},16$, de couleur brun foncé.

Il est à supposer que ces pontes proviennent effectivement d'insectes voisins ou précurseurs des Trichoptères actuels dont les restes se retrouvent précisément dans les mêmes couches.

4. *Œufs d'Esthéries*. — La fossilisation d'œufs d'*Estheria* a déjà été signalée par Bill (³). Le plus souvent ces œufs n'ont laissé que leur empreinte, mais parfois ils sont silicifiés et ont conservé leur forme. Ils sont alors parfaitement sphériques, d'un diamètre de $0^{mm},13$ et jusqu'au nombre de 60 dans une même ponte.

Il est à remarquer que ces Esthéries avec œufs conservés en place dans le sac ovigère ne se rencontrent que dans quelques microcycles bien définis et non dans beaucoup d'autres où les Esthéries sont également abondantes. Il est vraisemblable que ces œufs prennent naissance dans des conditions spéciales et correspondent à une forme de résistance.

Il semble bien que toutes ces pontes se trouvent fossilisées dans leur milieu de vie, à l'endroit même où elles ont été déposées. Si l'attribution rigoureuse à des animaux déterminés n'est pas encore possible dans les trois premiers cas, les premiers rapprochements tentés attestent le caractère d'eau douce des microcycles correspondants. D'autre part, ces œufs ont été pondus à une époque définie de l'année, celle de la *floraison des Voltzia*.

OCÉANOGRAPHIE. — *Mesures viscosimétriques en Méditerranée et définition d'une nouvelle constante océanographique*. Note de M. et Mme **Robert Darmois**, présentée par M. Jean Cabannes.

Dans une précédente Note (¹), nous avons donné, en fonction de la profondeur, la température et la salinité de 36 prélèvements effectués à bord de l'*Eider*, ainsi que la position des stations correspondantes.

Parallèlement à ces observations, nous avons déterminé la viscosité de chacun de ces échantillons avec une précision de l'ordre du 1/10000, afin de pouvoir déceler les écarts minimes qui pouvaient se présenter.

L'appareillage consistait en un ultrathermostat assurant une température fixe à 1/200 de degré près et en un jeu de viscosimètres hélicoïdaux spécialement construits (²). Les temps d'écoulement étaient relevés au 1/100 de seconde. Toutes les déterminations ont été effectuées à 28°. Les prélèvements étaient limpides et exempts de toute suspension. Nous avons utilisé 15^{cm^3} pour chaque détermination. Une autre fraction de chaque échantillon servait au même moment à déterminer la chloruration.

(³) P. Bill, *Mitt. géol. Landesanst. Els.-Lothr.*, 8, p. 327.

(¹) R. et J. Darmois, *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 1081.

(²) R. Darmois, *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 678.

Désignons respectivement par η, d et t, le coefficient de viscosité, la densité par rapport à l'eau à 4° et le temps d'écoulement de l'eau de mer à la température 28°. Soient η_0, d_0 et t_0 les quantités correspondantes pour l'eau pure. On a, K désignant une constante dépendant du viscosimètre : $\eta = \mathrm{K}dt$ et $\eta_0 = \mathrm{K}d_0t_0$, d'où $\eta/\eta_0 = (d/d_0)(t/t_0)$. η/η_0 est la viscosité relative η_r de l'échantillon étudié par rapport à l'eau. Connaissant la viscosité de l'eau à 28° (soit 0,836 centipoises), on en déduit facilement η.

Lorsque η_r est voisin de 1, la viscosité spécifique $\eta_s = \eta_r - 1$ est faible et est sensiblement proportionnelle à la concentration C, pour une même température. Dans un travail antérieur, nous avons étudié les solutions des principaux sels de l'eau de mer pris séparément, et trouvé que η_s/C est pratiquement constant dans un assez large domaine de concentrations.

Nº du prélèvement.	S.	d_4^{28}.	d_{28}^{28}.	t/t_0.	η_r.	η (centipoises).	$(\eta_S/S).10^3$.
1....	38,79	1,0253	1,0292	1,0533	1,0841	0,906	2,167
2....	38,87	1,0253	1,0292	1,0535	1,0843	0,906	2,168
3....	38,50	1,0251	1,0289	1,0531	1,0835	0,906	2,169
4....	38,13	1,0248	1,0286	1,0532	1,0833	0,906	2,185
5....	37,86	1,0246	1,0284	1,0520	1,0819	0,904	2,163
6....	38,27	1,0249	1,0287	1,0531	1,0833	0,906	2,177
7....	38,34	1,0249	1,0287	1,0532	1,0834	0,906	2,176
8....	38,36	1,0249	1,0288	1,0523	1,0826	0,905	2,154
9....	38,25	1,0249	1,0287	1,0523	1,0823	0,905	2,157
10....	38,32	1,0249	1,0287	1,0535	1,0837	0,906	2,185
11....	37,99	1,0247	1,0285	1,0539	1,0839	0,906	2,208
12....	38,01	1,0247	1,0285	1,0531	1,0831	0,905	2,187
13....	38,02	1,0247	1,0285	1,0527	1,0828	0,905	2,178
14....	38,21	1,0248	1,0287	1,0535	1,0837	0,906	2,192
15....	38,32	1,0249	1,0287	1,0529	1,0831	0,905	2,169
16....	38,12	1,0248	1,0286	1,0538	1,0839	0,906	2,201
17....	38,30	1,0249	1,0287	1,0540	1,0842	0,906	2,199
18....	38,10	1,0248	1,0286	1,0536	1,0837	0,906	2,197
19....	38,27	1,0249	1,0287	1,0523	1,0825	0,905	2,156
20....	38,30	1,0249	1,0287	1,0535	1,0837	0,906	2,186
21....	38,13	1,0248	1,0286	1,0535	1,0836	0,906	2,193
22....	38,29	1,0249	1,0287	1,0531	1,0833	0,906	2,175
23....	38,88	1,0253	1,0292	1,0539	1,0847	0,907	2,178
24....	38,24	1,0249	1,0287	1,0538	1,0840	0,906	2,197
25....	38,30	1,0249	1,0287	1,0540	1,0842	0,906	2,199
26....	38,27	1,0249	1,0287	1,0523	1,0825	0,905	2,156
27....	38,34	1,0249	1,0288	1,0533	1,0836	0,906	2,181
28....	38,25	1,0249	1,0287	1,0530	1,0832	0,905	2,176
29....	38,15	1,0248	1,0286	1,0534	1,0835	0,906	2,189
30....	38,23	1,0248	1,0287	1,0535	1,0837	0,906	2,188
31....	38,13	1,0248	1,0286	1,0534	1,0835	0,906	2,190
32....	38,13	1,0248	1,0286	1,0529	1,0830	0,905	2,177
33....	38,27	1,0249	1,0287	1,0534	1,0836	0,906	2,185
34....	38,21	1,0249	1,0287	1,0541	1,0843	0,906	2,207
35....	38,01	1,0247	1,0285	1,0518	1,0818	0,904	2,152
36....	38,27	1,0249	1,0287	1,0536	1,0838	0,906	2,190

En admettant que les proportions relatives des sels de l'eau de mer ne varient pas, le quotient η_s/S, où S représente la salinité, doit donc rester constant si cette eau ne renferme effectivement que des sels. Pour chaque échantillon, nous avons calculé avec les tables de Knudsen la densité d_4^{28} à 28° par rapport à l'eau à 4°; nous en avons déduit la densité d_{28}^{28} par rapport à l'eau à 28°. Le tableau donne les résultats obtenus, ainsi que pour t/t_0, η_r, η et le quotient η_s/S.

On voit que le quotient η_s/S oscille autour d'une valeur de $2,17.10^{-3}$. La valeur la plus faible $2,15.10^{-3}$ correspond vraisemblablement à l'eau la plus pure. Des traces de matières organiques en solution ne peuvent en effet qu'augmenter ce nombre, les quotients η_s/C relatifs à ces traces étant 10 et même 100 fois plus élevés.

Le calcul peut conduire à une valeur très voisine de nos déterminations. Connaissant les proportions des principaux sels de l'eau de mer, nous avons calculé pour l'un de nos échantillons, le n° 28, de salinité 38,25, les poids et les pourcentages de ces sels ainsi que les quotients η_s/C à 22° d'après certaines de nos mesures antérieures. On a obtenu pour ces quotients : 1,52 pour NaCl, 4,79 pour $MgCl_2$, 5,35 pour SO_4Mg, 0,00 pour KCl, 3,00 pour SO_4Ca; pour les sels non principaux, nous avons adopté une valeur moyenne de 4. La somme des produits du pourcentage de chaque sel par la valeur correspondante de η_s/C donne le quotient η_s/S à 22° du prélèvement n° 28, supposé contenir uniquement des sels. On trouve $2,12.10^{-3}$. Or, nous avons déterminé expérimentalement à 22° la viscosité du n° 28; on a obtenu $\eta_r=1,0828$ d'où $\eta_s/S=0,0828/38,25$, soit $2,16.10^{-3}$, résultat sensiblement égal à celui calculé en supposant l'échantillon exempt de toute matière organique.

Il apparaît donc bien que l'on ait défini par le quotient η_s/S une constante qui doit être attachée à l'eau de mer pour en caractériser la pureté. Nos mesures montrent que l'eau de la Méditerranée est remarquablement pure. On peut sans doute attribuer les légers écarts du quotient η_s/S à des traces de matières organiques en solution, mais en quantité très faible. Remarquons d'ailleurs que les prélèvements 5, 7, 9, 11 d'une part, 6, 8 et 10 d'autre part, effectués respectivement dans un courant et hors courant, donnent sensiblement les mêmes valeurs moyennes pour η_s/S.

PHYSIQUE SOLAIRE. — *Résultats des observations ionosphériques effectuées pendant l'éclipse totale de Soleil du 20 mai 1947.* Note [1] de MM. **Jean-François Denisse**, **Pierre Seligmann** et **Roger Gallet**, présentée par M. Jean Cabannes.

Conditions d'observation. — Des mesures ionosphériques ont été effectuées au cours de l'éclipse totale de Soleil du 20 mai 1947 à Bébédouro (Brésil). Les circonstances étaient telles que l'éclipse était totale pour les différentes couches

[1] Séance du 24 novembre 1947.

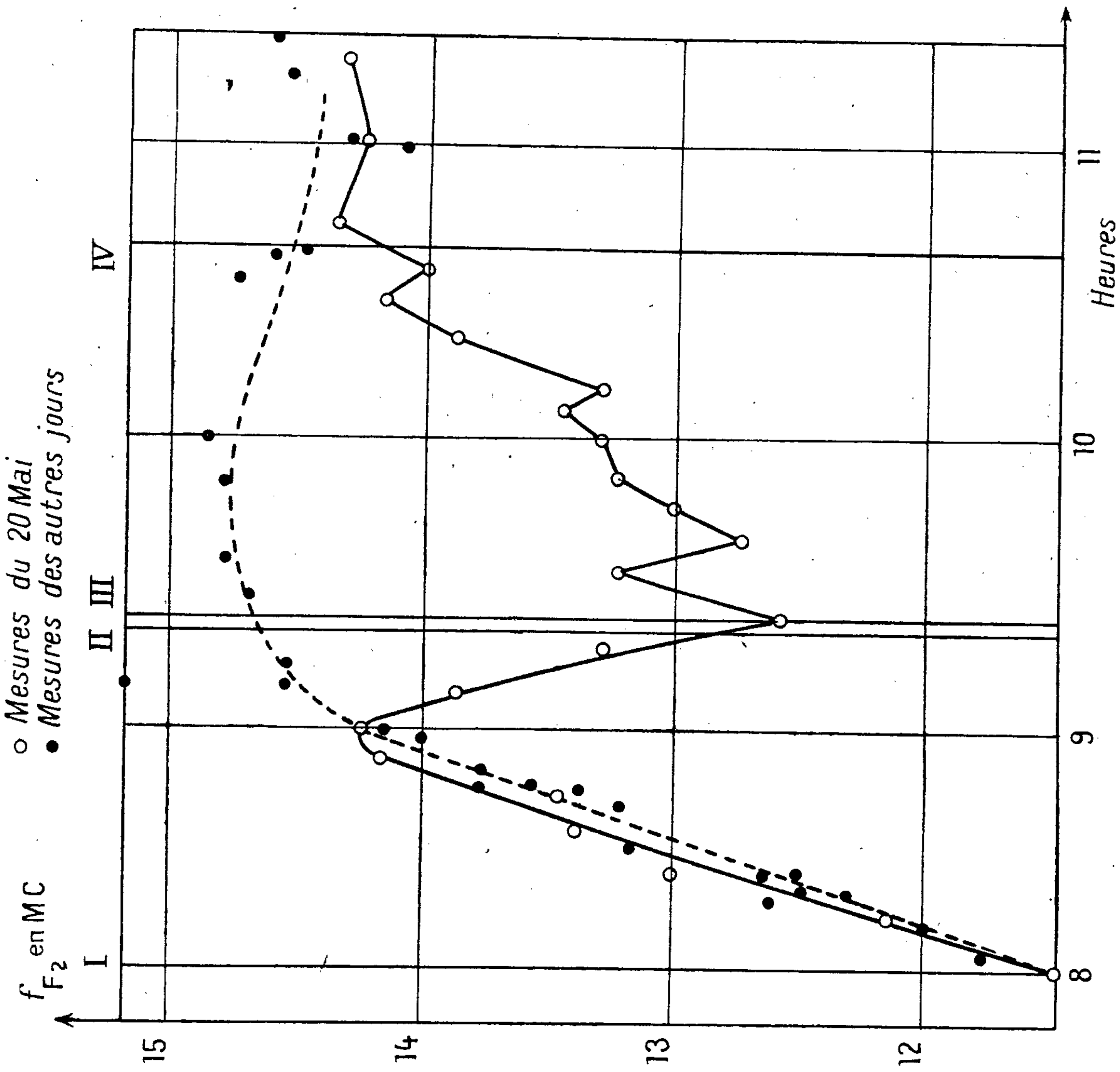


Fig. 3.

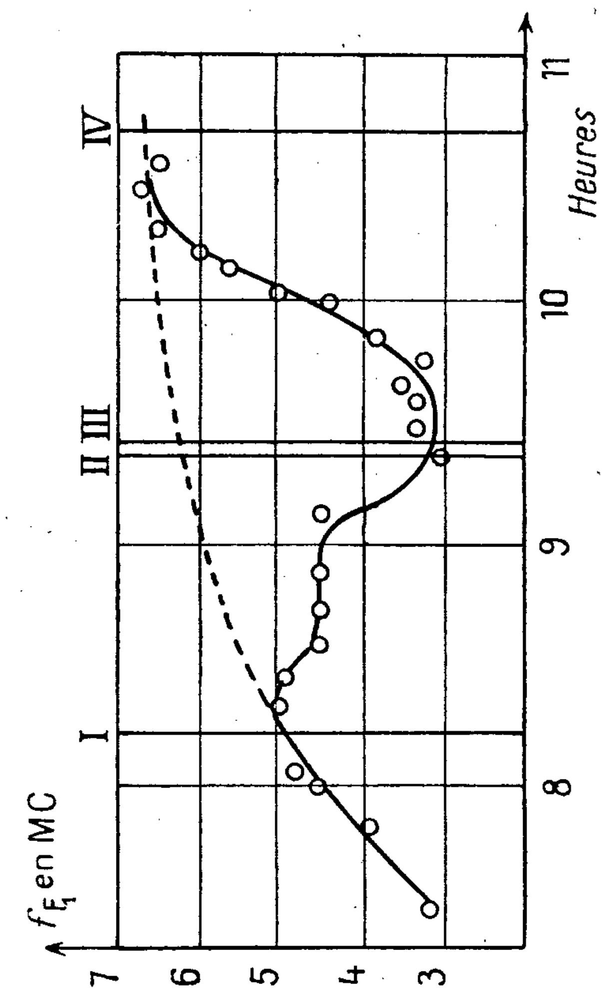


Fig. 2.

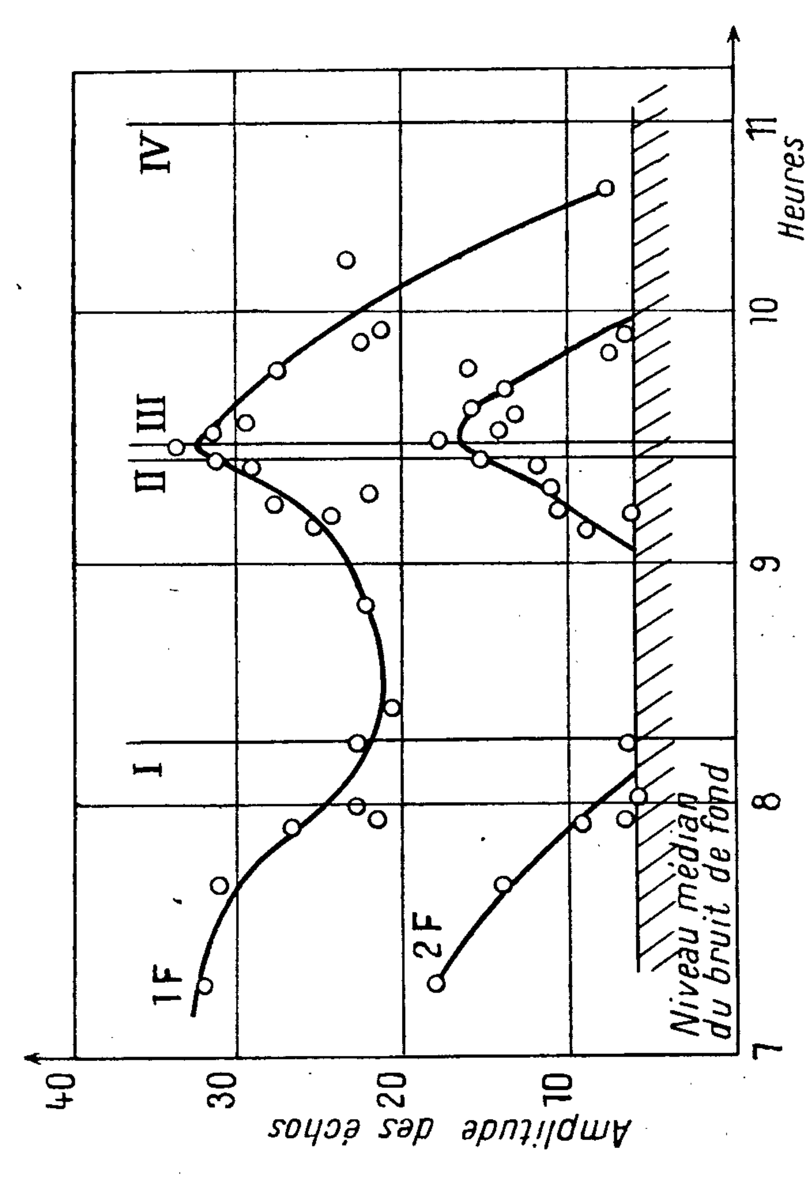


Fig. 4.

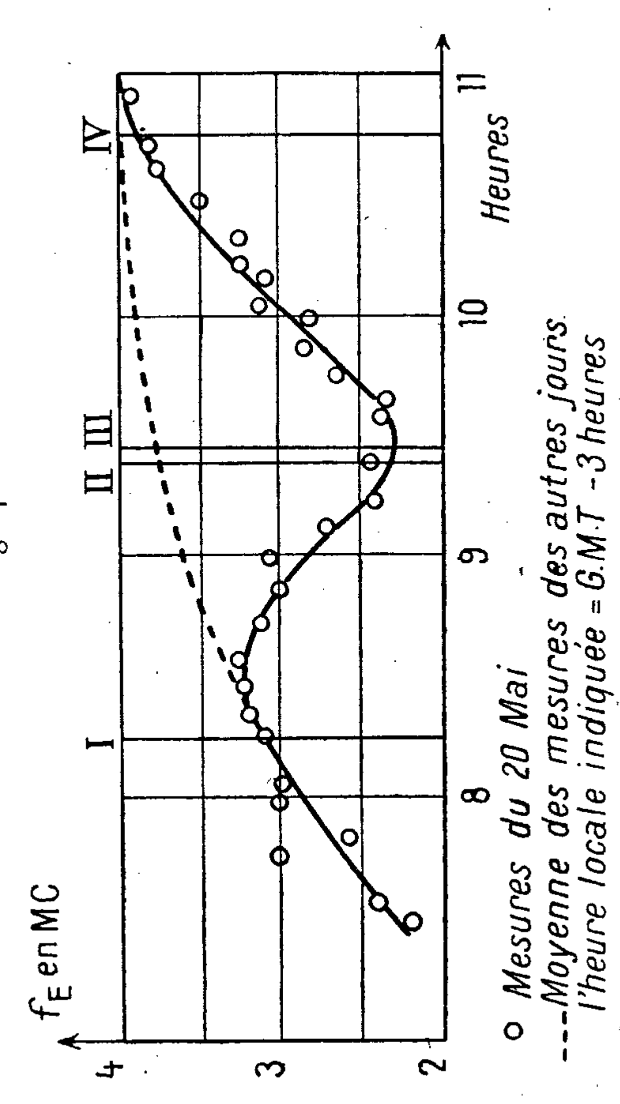


Fig. 1.

ionosphériques au-dessus du point d'observation, avec une avance de quelques minutes sur l'éclipse au sol. Des mesures des fréquences critiques et des hauteurs virtuelles des couches E, F_1, F_2 et E_s ont été effectuées toutes les quatre minutes environ avec un radio-sondeur automatique balayant la gamme de 1,4 à 18 mégacycles. Des mesures d'absorption par la couche D ont été faites à l'aide d'un sondeur à fréquences fixes.

Résultats. — Les courbes jointes donnent les résultats bruts des mesures; une discussion plus complète sera donnée ultérieurement.

Couche E. — Courbe de variation normale. Elle conduit à une valeur du coefficient de recombinaison de l'ordre de $\alpha_E = 0{,}5.10^{-8}$ (*fig.* 1).

Couche F_1. — Étant donné l'heure matinale de l'observation, les couches F_1 et F_2 étaient à peine distinctes. Il semble que la brusque diminution d'ionisation observée dans F_2 vers 9 heures ait influencé la variation de F_1. Il s'ensuit une valeur du coefficient de recombinaison calculé pour F_1 sans doute un peu forte; on trouve $\alpha_{F_1} = 2{,}10^{-9}$ à 50 % près (*fig.* 2).

Couche F_2. — La faible dispersion des mesures et leur précision (0, 1 Mc près) permet de situer assez bien le début très brusque de la diminution d'ionisation qui se trouve présenter un *retard de* 50 *minutes* environ sur le début de l'éclipse optique. Ce retard, qui n'est pas observable dans les autres couches, est peut-être lié à l'occultation au même instant d'un groupe de taches jeune, d'importance moyenne, et situé au voisinage du méridien central du Soleil. Un filament équatorial puis deux groupes détachés, constituant la majeure partie de l'activité solaire de ce jour-là, sont occultés peu après. Le retour aux conditions normales comporte des fluctuations dont les amplitudes semblent supérieures aux incertitudes des mesures. Utilisant la décroissance régulière de l'ionisation, on peut calculer une valeur minimum du coefficient de recombinaison; on trouve $\alpha_{F_2} \geq 1.10^{-10}$ (*fig.* 3).

Couche D. — Les mesures d'absorption effectuées sur 4 Mc montrent une variation de l'ionisation de la couche D en synchronisme avec l'occultation du disque solaire et conduisant au moment de la totalité aux conditions de la propagation de nuit et à $\alpha_D > 10^{-7}$.

La figure 4 reproduit les variations d'amplitude des échos 1F et 2F tels qu'ils ont été mesurés sur l'écran d'un oscillographe.

Nous n'avons remarqué aucune variation particulière de la couche E_s ni des hauteurs apparentes des différentes couches.

ANATOMIE VÉGÉTALE. — *Nouvel argument en faveur du rapprochement des Ophrydées et des Ficaires.* Note (1) de Mlle **Madeleine Fourcroy**, présentée par M. Joseph Magrou.

Les modes de multiplication végétative des Ficaires ont été étudiés magistralemeut par Van Tieghem : « Chaque tubercule porte près de son point

(1) Séance du 1er décembre 1947.

d'insertion un petit bourgeon qui se détache avec lui; le tubercule axial en étant seul dépouvu ». Et, plus loin : « tous les tubercules ont une structure identique; le système vasculaire, simple au point d'insertion, s'y bifurque bientôt; une partie entre dans le bourgeon pour en constituer l'axe tandis que l'autre s'en détache presque perpendiculairement et chemine dans l'axe du tubercule » ([2]).

Ainsi, normalement, le raccord entre l'appareil conducteur du bourgeon et celui du tubercule est assuré au point de bifurcation; le bourgeon procède d'un mode de formation *endogène*. Cependant, en bas de page, et sans référence, Bonnier signale que « parfois, les bourgeons se forment dans l'écorce, près de la surface des racines et sont *exogènes* » ([3]). Mais il n'envisage ni la question fondamentale du raccord conducteur, ni celle de la signification d'un tel bourgeon.

La présente Note a pour but d'illustrer et d'interpréter ce cas exceptionnel (encore que j'en aie observé plusieurs exemples). Un bourgeon s'est développé à quelques millimètres du collet d'une racine tuberculisée (*fig.* 1). Celle-ci

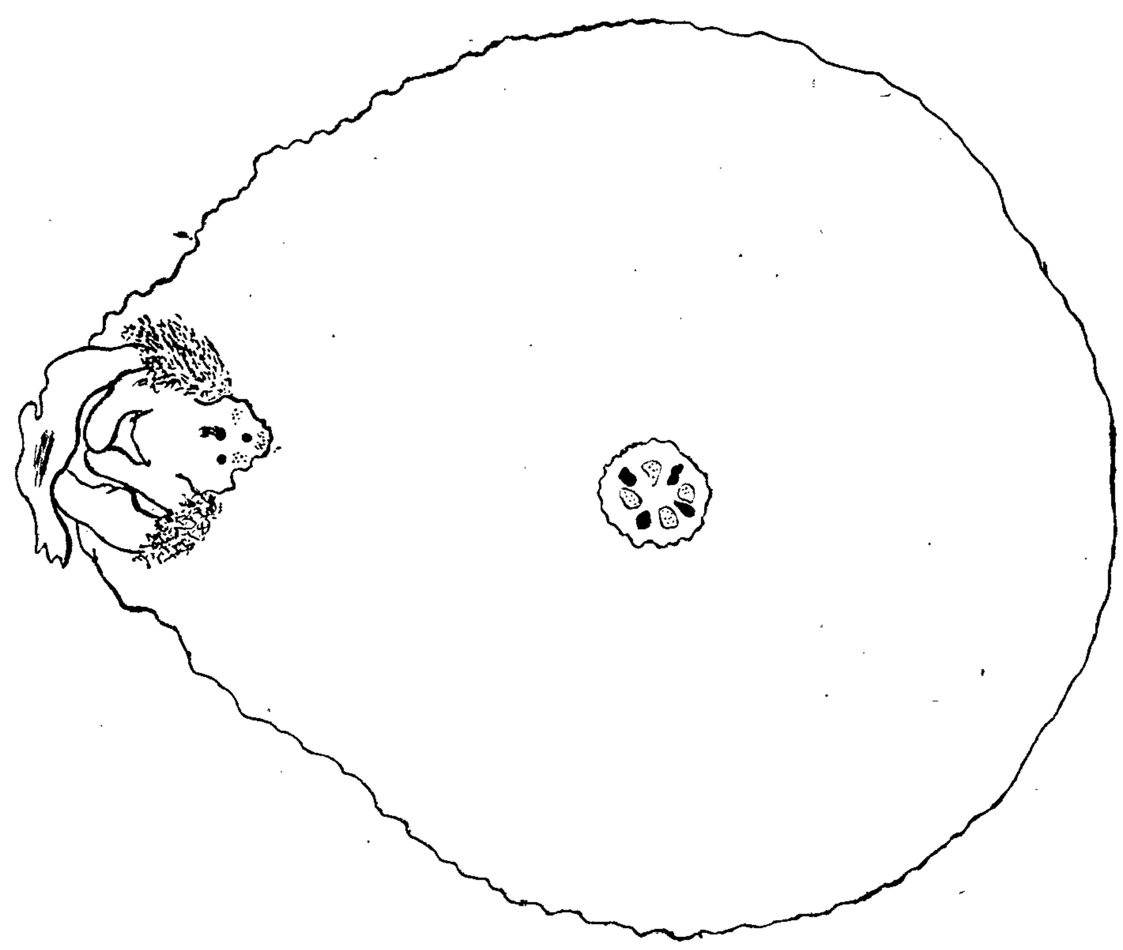


Fig. 1. — Coupe transversale de la racine montrant la coupe longitudinale axiale du bourgeon (schéma).

possède une stèle quaternaire; le bourgeon est perpendiculaire à son axe et présente une racine qui se coude brusquement dans le plan de la coupe et qui révèle ainsi une stèle ternaire, plus pauvre en éléments que la stèle centrale. Aucun contact ne s'établit; tout se passe comme si la racine du bourgeon était réduite à sa stèle se développant de façon basipète dans la racine mère, paral-

([2]) *Ann. Sc. Nat. Bot.*, 5e série, 5, 1886.
([3]) *Cours de Botanique*, 1901, p. 395.

lèlement à sa stèle principale. Je les ai suivies sur 1^{cm},3, longueur de l'échantillon malheureusement incomplet; le tubercule est *partout bistélique* (*fig.* 2). Aucun raccord conducteur ne s'opère; tout au plus, peut-on noter un faible rapprochement progressif : 13 cellules les séparent au niveau de la figure 1; 7 seulement au niveau de la seconde, 1^{cm},3 plus bas.

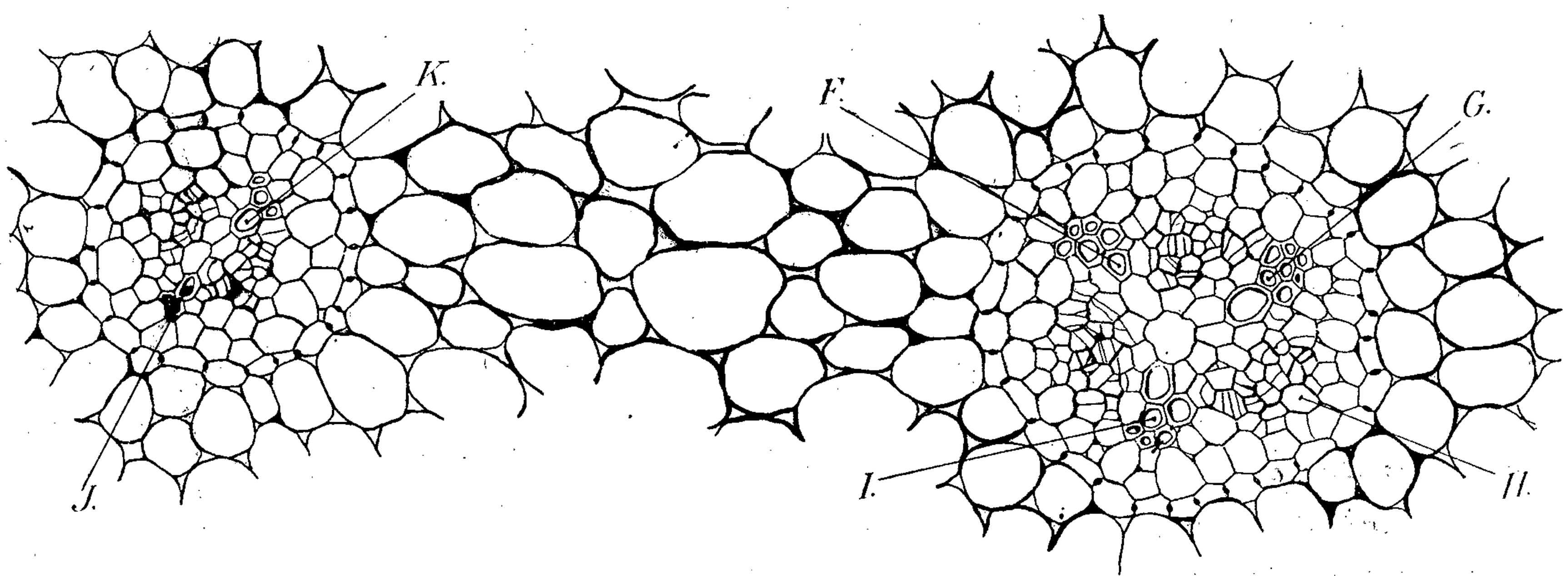


Fig. 2. — A 1^{cm},30 du collet, la racine est toujours bistélique. La stèle normale présente trois convergents I, F, G et la fin en cœcum du quatrième H; la stèle correspondant au bourgeon n'en n'a plus que deux, J et H.

Chacune de ces deux stèles est le siège d'une réduction du nombre des convergents. Cette réduction se réalise très lentement dans la stèle médiane qui, de quaternaire, devient ternaire; elle est plus rapide dans la stèle supplémentaire, qui devient binaire. L'une et l'autre suivent le second type de réduction de Naegeli, avec extinction en cœcum du xylème et fusion des phloèmes.

Or, Van Tieghem affirme que « toutes les racines nourricières sont *grêles et ternaires* (c'est moi qui souligne) et présentent des radicelles insérées suivant trois génératrices ». On en peut déduire que le bourgeon a émis une racine nourricière, premier acte de l'élaboration du tubercule de remplacement dans la reproduction végétative normale; mais au lieu d'être indépendante, cette racine est concrescente avec le tubercule; elle n'a émis aucune radicelle et a sans doute *nourri* le bourgeon aux dépens du parenchyme amylifère dans lequel elle végète.

Van Tieghem, mais surtout Prillieux, Aimé Henry, Irmisch, Clos, et plus tard Noël Bernard ont cherché des arguments pour justifier l'étroite parenté qu'ils reconnaissaient entre la Ficaire et les Ophrydées. Ils invoquent la rareté de la reproduction par graines, la germination difficile, la monocotylie, le développement imparfait de l'embryon, et concluent unanimement : « le tubercule de la Ficaire est identique au faux bulbe des Ophrydées ». On pouvait leur objecter « à la polystélie près, . . . ». Cet exemple prouve qu'un processus de soudure peut exister, et, conduisant la Ficaire à une bistélie, fournir l'argument anatomique qui manquait aux auteurs précédents.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Diagnostic de carence azotée du Pommier par l'analyse de la feuille. Vérification expérimentale.* Note (¹) de M. **Georges Guyon**, présentée par M. Albert Demolon.

Les arboriculteurs d'Auvergne observent depuis quelques années en préverger un affaiblissement progressif de certains Pommiers (variété Reinette du Canada) entraînant une diminution considérable de la production.

Cette maladie, appelée dans le pays *dépérissement du Pommier* ou encore *maladie du bois rouge*, est caractérisée par : *a*. des feuilles peu nombreuses, petites, vert clair; *b*. l'absence de développement de rameaux tant latéraux que terminaux; *c*. un rougissement de l'écorce des branches du côté exposé au rayonnement solaire; *d*. une faible production de fruits (pommes peu nombreuses et petites). Dans les cas graves, l'extrémité des branches charpentières se dessèche progressivement vers la base. En quelques années l'arbre meurt; certains vergers, dangereusement atteints, se dépeuplent.

Il nous est apparu que cette maladie pouvait être le résultat d'une carence alimentaire. Les symptômes ci-dessus décrits font penser à une déficience azotée.

En 1946 nous commençâmes une série d'expériences de nutrition avec divers fertilisants parmi lesquels l'azote et quelques oligo-éléments. En même temps nous analysions, au cours de la végétation, des feuilles prélevées sur des bouquets foliaires de bourgeons à fruits dans la partie moyenne des branches charpentières. Voici quelques résultats ainsi obtenus :

	26 juin 1946. — Arbres		2 septembre 1946. — Arbres	
	malades.	sains.	malades.	sains.
N % de matière sèche..........	1,55	2,75	1,44	2,22
P_2O_5 % »	0,65	0,55	0,58	0,47
K_2O »	1,65	1,75	1,40	1,90
CaO »	–	–	2,20	1,90
Poids de 100 feuilles sèches (en g).	11	30	14	34

La teneur en azote des feuilles des pommiers malades est très nettement inférieure à celle des feuilles des arbres sains. Comme d'autre part le développement des feuilles est de 2 à 3 fois moindre pour les arbres malades, il en résulte pour ces derniers un déficit d'azote foliaire considérable, un arbre sain renfermant environ 5 à 6 fois plus d'azote dans ses feuilles qu'un arbre malade de même grandeur. Les autres éléments varient dans des limites beaucoup

(¹) Séance du 14 novembre 1947.

moindres que l'azote. La considération du diagnostic foliaire, selon H. Lagatu et L. Maume, montre une alimentation globale très supérieure pour les arbres sains avec un équilibre N. P. K. nettement différent et bien plus élevé quant à la quote-part de l'azote.

La carence azotée est ainsi manifeste et pourtant en 1946 tous les arbres malades ayant reçu des engrais azotés, même en profondeur et à forte dose, jusqu'à 250^{kg} d'azote à l'hectare en trois applications, n'ont pas réagi nettement. Il n'y eut pas de départ de nouveaux rameaux et les feuilles sont restées petites quoique cependant prenant une teinte verte plus foncée.

Ce n'est qu'en 1947 que les arbres traités en 1946 et continuant de recevoir de fortes fumures azotées échelonnées dans le temps, réagirent nettement à la fumure. Leurs feuilles devinrent normales, grandes et vertes; les arbres portèrent des fruits et enfin des pousses nouvelles apparurent. En même temps, la teneur en azote des feuilles s'améliora ainsi qu'en témoignent les résultats suivants :

	Azote % de matière sèche.	
	Août 1947.	Septembre 1947.
Une année de fumure azotée (pommiers en cours de guérison).	2,12	2,11
Deux années de fumure azotée (pommiers guéris)..........	2,92	2,22

Cette démonstration expérimentale de carence azotée du Pommier en pré-verger a demandé deux années de fumure azotée ininterrompue, en raison vraisemblablement de l'épuisement intense des pommiers malades. Elle a été vérifiée d'autre part en 1947 par alimentation directe à l'aide d'une solution de nitrate d'ammonium à 5^{g} par litre, arrivant en pression dans un trou foré dans le tronc. Les arbres malades ainsi traités de bonne heure au printemps réagirent très nettement et peuvent être considérés comme guéris.

Le manque d'azote des pommiers en pré-verger est dû à la coexistence des cultures. L'herbe s'empare non seulement de presque tout l'azote du sol qui nitrifie annuellent, mais aussi de la plus grande partie de l'engrais azoté apporté en surface.

Le Pommier exporte peu d'azote par ses fruits (6 à 20 kg/ha), mais l'azote de ses feuilles en quantité beaucoup plus importante retourne au sol au bénéfice exclusif de l'herbe. Il s'ensuit que la carence azotée en pré-verger est très fréquente et ne peut être évitée que par des fumures azotées copieuses.

De nombreuses analyses nous ont montré que le Pommier de Canada en pré-verger manifeste une sous-nutrition azotée caractérisée dès que le pourcentage de l'azote des feuilles prélevées en août dans les conditions indiquées tombe au-dessous de 2 %. La teneur normale d'arbres sains, en bon état de végétation et de production, atteint et dépasse 2,30 %.

La remise en état des vergers malades exigerait l'emploi annuel de 150 à 250^{kg} d'azote à l'hectare pendant plusieurs années consécutives.

IMMUNOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur une méthode de dosage des virus des plantes.* Note de M. **Pierre Limasset** et M[lle] **Hélène Augier de Montgremier**, présentée par M. Joseph Magrou.

Jermoljev et Hruska (1939) ont mis au point une méthode de sérodiagnostic très élégante qu'ils ont appliquée aux virus déterminant des mosaïques chez la Pomme de terre. Une goutte de sérum d'un lapin immunisé par le virus incriminé est mélangée sur une lame porte-objet de microscope, avec une goutte de jus de plante malade clarifié par centrifugation. L'examen est réalisé au fond noir à faible grossissement. Lorsque le jus de plante éprouvé contient le virus ayant servi à préparer le lapin, un précipité spécifique apparaît, soit immédiatement, soit après une incubation de quinze minutes à une demi-heure réalisable à une température comprise entre 22° et 37°. Ce précipité se présente sous la forme de flocons blancs de densité, de forme et de dimensions variables, se détachant avec la plus grande netteté sur le fond noir. Cette méthode a été reprise en Allemagne par Stapp (1943); en Belgique par Roland (1945), tandis qu'en Hollande Van Slogteren et ses collaborateurs (1944) mettaient au point une technique légèrement différente basée sur le même principe.

Nous avons appliqué avec succès la méthode de Jermoljev et Hruska au diagnostic du virus de la Mosaïque du Tabac, ainsi que des virus X et Y de la Pomme de terre, en apportant à cette méthode quelques modifications de détail. Les points essentiels de notre technique ont été publiés (1).

Nous voulons seulement montrer ici que cette technique peut rendre de très grands services, non seulement pour le diagnostic, mais aussi pour le dosage des virus. Nous avons réalisé celui-ci avec une grande précision, notamment dans le cas du virus de la Mosaïque du Tabac.

Nous préparons une gamme de dilutions croissantes de la préparation virulente à étudier. Une goutte de chacune de ces dilutions est mélangée, sur une lame de verre, avec une goutte d'immunsérum non dilué. L'examen de la série de préparations est réalisé au fond noir à l'aide de l'objectif 3 de Stiassnie après une incubation de 15 minutes à 22°. On détermine la plus forte dilution donnant encore un précipité visible : dilution limite. Chaque dosage est effectué par comparaison avec une préparation étalon. Le rapport des concentrations en virus c de la préparation étudiée et ce de la préparation étalon est égal au rapport inverse de leurs dilutions limites $1/d$ et $1/de$:

$$\frac{c}{ce}=\frac{\frac{1}{de}}{\frac{1}{d}}.$$

(1) *La Pomme de terre française*, n° 91, 10e année, pp. 6-11.

Nous avons éprouvé la précision de la méthode en l'appliquant à une série de dilutions d'une même préparation de virus de la Mosaïque du Tabac. Cette préparation, qui servait d'étalon dans les dosages ultérieurs, présentait une dilution limite de 1/600. Quatre fractions furent extraites de celle-ci et diluées respectivement 2, 12, 22 et 92 fois. La dilution limite de chacune des quatre préparations nouvelles ainsi obtenues fut alors déterminée, l'opérateur ignorant leur titre réel. Le rapport de la dilution 1/600 de la préparation étalon à la dilution $1/d$ de chaque préparation étudiée donnait le titre de cette dernière (rapport de sa concentration en virus à celle de la préparation étalon). Le titre réel étant connu, la précision de la méthode de dosage était dès lors facile à vérifier.

Le tableau ci-dessous résume les résultats.

Préparations.

	Dilution limite.	Titre calculé.	Titre réel.
Préparation étalon	1/600		
1. » (diluée 2 fois)	1/350	1/1,7	1/2
2. » (» 12 »)	1/50	1/12	1/12
3. » (» 22 «)	1/25	1/24	1/22
4. » (» 92 »)	1/6,5	1/92	1/92

L'erreur relative la plus grande de cette série d'essais est égale à 1/6,6 (préparation I). La marge d'imprécision tient d'une part aux erreurs de mesures effectuées sur l'échelle des dilutions et probablement aussi, pour une autre part, à de légères infidélités dans l'appréciation du dernier précipité visible. D'autres essais nous ont fourni des résultats d'une précision comparable.

Cette méthode se recommande par sa rapidité et son économie en sérum. A l'inverse de la méthode des lésions locales, elle permet de comparer valablement des résultats échelonnés dans le temps (il suffit pour cela que la richesse en anticorps du sérum n'ait pas varié).

Il va de soi que toutes les réserves qu'appelle la méthode sérologique s'appliquent à notre technique. On dose ainsi la protéine-virus et non le pouvoir infectieux. Or, pour des raisons que nous ne pouvons développer ici, le pouvoir infectieux n'est pas toujours proportionnel à la quantité de protéine-virus contenue dans la préparation. Des recoupements par la méthode classique des lésions locales s'imposent donc lorsqu'on veut suivre parallèlement, par exemple au cours de l'inactivation d'un virus, la disparition du pouvoir antigène et celle du pouvoir infectieux.

CHIMIE AGRICOLE. — *Sur la réversibilité de la fixation des phosphates dans le sol.* Note de MM. **Georges Barbier** et **Jean Chabannes**, présentée par M. Albert Demolon.

Nous avons montré ailleurs [1] que la fixation des phosphates dans un sol de limon décalcarifié, mais peu acide, comporte :

1° Une fixation rapide, qui a les caractères d'une adsorption réversible, et qui paraît résulter de liaisons entre des ions phosphoriques et les cations échangeables des argiles, le calcium notamment. Les phosphates ainsi retenus repassent rapidement en solution en présence d'acides dilués, qui détachent les cations échangeables;

2° Une fixation lente au cours de laquelle les phosphates fixés deviennent de plus en plus difficiles à extraire par les acides dilués, et qui paraît dépendre de la présence de Fe ou Al, dont les hydroxydes retiennent les anions en milieu acide.

Les faits énumérés ci-dessous montrent que dans le sol étudié, la fixation lente comporte, comme la fixation rapide, des équilibres, et que la totalité des ions phosphoriques retenus est susceptible de repasser en solution par désadsorption progressive.

1° La fraction des phosphates incorporés extractible par les acides dilués diminue au cours des années, mais ne tend pas vers zéro. Après cinq années environ de vieillissement d'un superphosphate dans le sol étudié, cette fraction conserve une valeur stable, environ 1/3 de la quantité incorporée. Ce fait suggère que l'évolution des phosphates est limitée par une réaction inverse.

2° La fraction des phosphates incorporés non extractible par les acides dilués, est rapidement libérable par un alcali dilué :

Un peu de terre ($0^g,5$) renfermant du superphosphate ayant vieilli 10 ans dans le sol, disposée en couche mince sur une plaque filtrante, a été lessivée rapidement sur le vide, d'abord par une solution SO_4H_2 0,002 N jusqu'à disparition à peu près complète de P dans le filtrat, puis par une solution KOH 0,002 N. La même terre ayant fixé récemment une même dose de P_2O_5 du phosphate monocalcique (0,570 ‰ de terre), et la terre témoin non additionnée de phosphates ont été traitées de la même façon :

	P_2O_5 passé en solution ‰ de terre.			P_2O_5 récupéré % de P_2O_5 incorporé (par différence avec le témoin).	
cm³	Phosphates vieillis 10 ans.	Phosphates récemment fixés.	Terre témoin.	Phosphates vieillis 10 ans.	Phosphates récemment fixés.
Extractions acides.(400).	0,314	0,580	0,101	37	84
» alcal. (150)..	0,298	0,084	0,060	42	4
				79	88

[1] *Ann. Agron.*, 1946, pp. 7-33.

La fraction des phosphates vieillis libérée, 79 %, ne représente pas une limite, car à la fin de l'extraction alcaline, comme de l'extraction acide, la terre phosphatée cède encore plus de phosphates que la terre témoin (deux fois plus). Le vieillissement des phosphates dans le sol a eu pour conséquence essentielle une transformation de phosphates rapidement extractibles par les acides dilués, en phosphates rapidement extractibles par les alcalis dilués. Ces faits prouvent que les ions phosphoriques sont demeurés mobiles, et qu'ils n'ont pas pénétré profondément, ni irréversiblement, dans la charpente des minéraux fixateurs, puisqu'ils sont demeurés rapidement libérables par des réactifs qui n'altèrent pas cette charpente.

3° Si, dans l'expérience précédente, on emploie au lieu d'un alcali de l'eau de chaux très diluée, en quantité juste suffisante pour neutraliser la terre, on observe un phénomène un peu différent : la recalcification ne fait pas passer en solution une quantité notable de P_2O_5, mais provoque une transformation interne, inverse de la fixation lente, qui favorise l'extraction ultérieure par les acides dilués, beaucoup mieux que le séjour au contact des acides dilués eux-mêmes.

4° La terre superphosphatée et la terre témoin ont été soumises alternativement à des extractions par SO_4H_2 0,002 N et par de l'eau de chaux très diluée. Après 8 de ces traitements combinés, ayant duré en tout 8 jours, pendant lesquels le sol est demeuré constamment en milieu neutre calcique, sauf pendant les courts intervalles de temps nécessaires aux extractions acides, la différence des quantités de phosphates cédées par les deux terres représente 86 % de la dose incorporée et, comme précédemment, ce n'est pas là une limite. Un dernier lessivage par KOH diluée a porté le taux de récupération à 96 %.

Conclusion. — La quasi-totalité des phosphates solubles incorporés dans le sol étudié, d'un type courant dans la zone tempérée, est demeurée, après 10 ans, soit sous des formes rapidement extractibles par les acides dilués (formes que l'on sait soumises à des équilibres d'adsorption et de désadsorption), soit sous des formes capables de régénérer spontanément les premières dans les conditions naturelles. Ces faits aident à comprendre pourquoi l'action fertilisante des phosphates solubles incorporés dans ce sol ne diminue pas sensiblement au cours des années.

CHIMIE AGRICOLE. — *Fixation de l'arsenic par les sols.* Note de MM. **Jean Hébert** et **Pierre Boischot**, présentée par M. Albert Demolon.

La quantité d'arsenic apportée par les traitements antiparasitaires n'est pas négligeable : elle est de l'ordre de 1 à 2^{kg} par traitement et par hectare, lorsqu'on pulvérise des arsenicaux sur les plantes et peut atteindre 3 à 400^{kg}

lorsqu'on utilise ces produits pour combattre les larves souterraines (notamment le *Popilla Japonica*), comme cela se fait aux U. S. A. [1].

Nous avons étudié le comportement de l'arsenic ainsi introduit en opérant avec un sous-sol de terre de limon ne contenant ni calcaire, ni humus.

1° *Absorption de* As_2O_5 *en fonction des quantités d'arséniates :* $2^g,5$ de terre sont agités pendant 24 heures avec 50^{cm^3} d'une solution d'arséniate de sodium à différentes concentrations; on dose les quantités d'As_2O_5 restant en solution par cœruléomolybdimétrie.

Nous avons obtenu les chiffres suivants (rapportés en mg/l) :

As introduit	4	10	20	50	100	200	500
Reste en solution	0	1,3	5,6	25,8	66	147	400
As fixé	4	8,7	14,4	24,2	34	53	100

La courbe d'absorption peut être représentée par la formule :

$$y = 0,95\, x^{0,134}.$$

Celle-ci s'applique fidèlement pour les faibles concentrations en As_2O_5, jusqu'à 50 mg/l; au delà, il y a un peu plus d'arséniate fixé que ne le représente la formule. Cela est dû à une faible alcalinisation du milieu, l'absorption étant plus élevée au fur et à mesure que le pH s'élève.

2° *Influence du temps de contact.* — Nous avons mis en contact $2^g,5$ de la même terre avec 100^{cm^3} d'une solution d'arséniate de soude à 10^{mg} As_2O_5 par litre en laissant en contact des temps variables.

Temps.	Reste en solution.	Fixé. (%).
1/2 heure	7,08	29,2
1 »	6,67	37
5 »	5,72	42,3
3 jours	3,33	66,7
19 »	1,00	90

Nous voyons que la fixation n'est pas immédiate et demande même un temps assez long pour être complète.

3° *Influence des ions* Ca *et* K *liés à l'argile.* — Dans le cas où l'argile est saturée d'ions calcium (argile Ca) ou potassium (argile K) le pH a une importance quant à la fixation de As_2O_5.

1° *Argile* Ca :

pH	4,7	5,1	6,5	7,8	8,7
Fixé % de la quantité introduite	65,5	73,4	82,3	82	81,7

2° *Argile* K :

pH	6	6,6	7,5	7,9	8,5
Fixé % de la quantité introduite	52,4	54,5	51,4	43	35

---

[1] W. E. FLEMING, *Techn. Bull.*, n° 788, janvier 1942, U. S. Dept. of. Agr.

Dans la limite des pH de la terre arable, l'argile Ca absorbe mieux l'arsenic que l'argile K.

Dans les terres de limon non calcaire, la fixation de l'arsenic passe par un maximum aux environs de pH 6,5.

4° *Cas de la terre en place.* — Nous avons opéré jusqu'à présent avec un rapport terre/solution extrêmement petit, 1/40 ou 1/20.

Dans la pratique, il en est autrement, puisqu'en ne considérant que les 10 premiers centimètres de terre et une pluie annuelle de 700^{mm}, moyenne de nos pays, le rapport terre-eau est de l'ordre de 1/6. D'autre part, le temps de contact est plus long, donc la fixation doit être beaucoup plus forte.

Nous avons vérifié ce fait en mettant dans une allonge de $2^{cm},3$ de diamètre, 100^{g} de terre représentant une colonne de 30^{cm}, et en faisant passer sur cette colonne 200^{cm^3} d'une solution d'arséniate de soude à la concentration de 20^{mg} par litre. Après 5 jours (temps que le liquide a mis à passer) tout l'arsenic s'est retrouvé dans les 10 premiers centimètres de la colonne.

Donc, dans la terre en place, l'arsenic est fixé par la couche supérieure du sol.

En résumé : Dans le cas des terres argileuses, les arséniates solubles sont rapidement fixés par l'argile lorsque la concentration des solutions est faible. Pour les concentrations plus fortes (plus de 10^{mg}) 25 % se fixent assez rapidement, la fixation n'étant complète qu'après un temps très long. Pour les applications massives, il y a donc risque d'entraînement dans les eaux de drainage.

Dans le cas des arsenicaux peu solubles, comme l'arséniate de chaux et l'arséniate de plomb, dont la solubilité est néanmoins supérieure à 10^{mg} par litre, il peut y avoir entraînement en profondeur dans les sols insuffisamment argileux, donc généralement à faible pouvoir absorbant et à percolation rapide.

Ce risque est augmenté dans le cas de sols acides et de sols décalcifiés.

ÉCONOMIE RURALE. — *Nature du sérum végétal du Soja et son importance économique*. Note de M. **Kuo-Chun Chin** et Mme **Nicole Bilquez**, présentée par M. Louis Blaringhem.

Lorsque j'ai examiné les résultats de l'analyse sur la viande végétale de Soja (1), je me suis beaucoup étonné de n'y pas trouver de sucre, et je me suis demandé si le sucre était totalement perdu dans le tourteau (2).

Quand j'ai examiné les résultats de l'analyse du lait de Soja (3), j'ai eu la certitude qu'il y avait $9^{g},1$ de matières saccharifiables exprimées en glucose dans un litre de lait de Soja. Où passe le sucre dans la viande végétale? Je le

(1) *Comptes rendus*, **224**, 1947, pp. 62-64.
(2) *Comptes rendus*, **224**, 1947, pp. 361-363.
(3) *Comptes rendus*, **224**, 1947, pp. 288-290.

trouve dans l'égouttage obtenu en posant sur le lait caillé une planche chargée d'un poids, au cours de la fabrication de la viande végétale. Dans cette eau de filtrage il y a du sucre. On peut l'apercevoir dans l'eau d'égouttage sans analyse préalable par la méthode chimique; cette eau est de couleur brune et très concentrée et ne semble pas être de l'eau pure ordinaire.

Sous la direction de M^me^ Sosa, au Laboratoire du Museum National d'Histoire Naturelle, ma remarque est confirmée par une analyse chimique. M. Baffaud et moi avons trouvé du sucre par la méthode de M. Gabriel Bertrand et par la saccharimétrie.

Une comparaison plus serrée des résultats de l'analyse du Lait de Soja et de la Viande végétale me fit admettre qu'il y a d'autres choses que le sucre dans cette eau de filtrage. L'analyse en a été faite par M^me^ Nicole Bilquez née Noël, chef de service du Laboratoire de Chimie de l'Établissement Vilmorin-Andrieux, à Verrières-le-Buisson (S.-et-O.).

Voici les résultats :

	cm^3 (%).
Sucres réducteurs après hydrolyse	0,27
Sucres directement réducteurs	0,05
Matières grasses	traces
Azote	0,084
Matières sèches	1,4
Cendres	0,2

D'après cette analyse, il y a dans l'eau de filtrage tout ce que l'on trouve dans le lacto-sérum (petit lait) liquide restant après la fabrication du fromage de lait animal. La composition moyenne d'un litre de lacto-sérum est la suivante, d'après G. Keilling :

	Sérum (g)	
	de pâtes pressées.	de pâtes molles.
Extrait sec	65 à 67	65 à 70
Cendres	5	5 à 6
Lactose	45 à 50	49 à 50
Matières azotées	7,5	9
Calcium (ou CaO)	0,46 à 2,12	1,45

C'est pourquoi je lui donne le nom de sérum végétal. Cette idée est aussi acquise par des experts du lait animal. Un jour d'été, le directeur d'une Laiterie coopérative de Vernoil (M.-et-L.) est venu visiter notre établissement d'essai du Soja (Ile Saint-Germain, à Issy-les-Moulineaux, Seine). Il vit cette eau de filtrage et l'appela sérum sans hésiter et sans donner d'autre explication.

Le sérum animal a de multiples utilisations. Le sérum végétal du Soja était totalement inconnu jusqu'à nos jours, bien qu'il y ait beaucoup de livres consacrés à l'étude du Soja dans presque tous les pays. Or, la viande végétale est extraite du Soja et a été réalisée par le philosophe chinois Whai Nan Tze

avant l'ère chrétienne et presque la moitié de la race humaine s'en sert comme nourriture journalière. On trouve partout de la viande végétale dans les pays asiatiques. Son importance économique est inestimable. Or, même en pays asiatiques, on ne tire aucun profit de ce sérum végétal pour l'alimentation humaine, car il est rejeté aux déchets. C'est une grande perte dans la période de déficience alimentaire actuelle.

ENTOMOLOGIE. — *Cerveau et glandes endocrines rétrocérébrales chez la larve de* Simulium ornatum *Mg.* (*Dipt.*). Note ([1]) de M. **Paul Grenier**, présentée par M. Émile Roubaud.

On ne possède aucune donnée récente concernant les glandes endocrines rétrocérébrales des Simuliides. Leur étude m'a révélé quelques particularités pouvant intéresser à la fois l'anatomie comparée de ces formations chez les Diptères et l'histologie des centres nerveux.

Les ganglions cérébroïdes. — Ils sont basculés vers l'arrière. Malgré ce mouvement, le nerf antennaire a conservé un point de sortie antérieur : il émerge, en effet, juste au-dessus du nerf labro-frontal et semble ainsi d'origine tritocérébrale; en réalité sa racine décrit, du côté externe, sous la séreuse pigmentaire du ganglion, un long trajet intracérébral qui lui permet de rejoindre le deutocérébrum. La commissure tritocérébrale est intégrée aux connectifs périœsophagiens et au ganglion sous-œsophagien. A la face ventrale de chaque ganglion cérébroïde, juste derrière le connectif périœsophagien, sort, mêlé à un faisceau de trachéoles compagnes, le *nerf paracardiaque* ([2]). Une particularité qui ne me paraît pas avoir été signalée est l'existence, dans cette région, de trois cellules ([3]), de position invariable et à noyau véritablement géant (*fig.* 1), possédant un très gros nucléole se colorant en rouge par le mélange de Mann. On pourrait donc penser à une activité sécrétoire de ces cellules; toutefois leur cytoplasme, réduit à un mince cortex, ne s'imprègne pas à l'osmiun comme chez certains éléments neuro-sécrétoires, bien visibles ici, de la *pars intercerebralis*.

Glandes endocrines rétrocérébrales. — Puri ([4]) a donné une figure, exacte à quelques détails près, de ce qu'il considère comme le système *nerveux* viscéral de la larve de *S. nölleri*. Je me contenterai d'y renvoyer.

1° *Système nerveux stomato-gastrique :* Il est conforme au schéma classique. Les deux nerfs issus du ganglion hypocérébral cheminent *dans* les parois latérales de l'aorte.

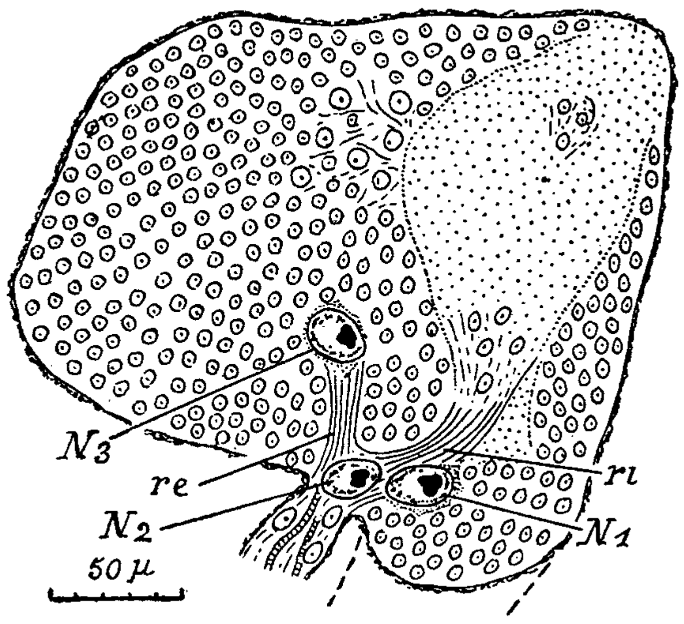
([1]) Séance du 1er décembre 1947.

([2]) La terminologie utilisée est celle de Cazal (*Thèse Sc.*, Paris, 1947).

([3]) Un autre noyau comparable est visible dans le ganglion sous-œsophagien à la base de chaque connectif périœsophagien.

([4]) *Parasitology*, 17, 1925, pp. 295-369 (*pl. VIII, fig.* 4).

Chacun reçoit le *nerf paracardiaque* (voir plus haut) et, au niveau du point de départ du nerf stomacal, forme un petit renflement qui, se réunissant à son symétrique, occupe toute la paroi ventrale de l'aorte. Dans cette formation impaire qui correspond aux *ganglions œsophagiens* pairs, extra-aortiques de Puri, on distingue deux types de noyaux. 2° *Corps paracardiaques* (= *cardiac gg.* de Puri) : Ils sont constitués par deux masses ovoïdes, situées hors de l'aorte, de chaque côté de celle-ci, et nettement latéralisées. Chacun est desservi par un nerf qui est issu de la formation impaire précédente et ne sort



Coupe sagittale du ganglion cérébroïde. N1, N2, N3, noyaux géants; *ri*, racine interne; et *re*, racine externe du *n. paracardiaque*. L'emplacement du connectif périœsophagien est figuré en traits interrompus.

de l'aorte que pour pénétrer dans le corps paracardiaque. Dans celui-ci, on distingue de grandes cellules chromophiles à gros noyau sphérique avec nucléole net et de petits noyaux allongés; 3° *Corps allate :* Il est situé au-dessus du milieu du proventricule. Sa position est nettement sus-aortique. C'est le *ganglion median* (Puri), mais celui-ci est, en réalité, une formation complexe dont la partie centrale est un corps allate typique (masse compacte de petites cellules à limites indistinctes et nombreux noyaux identiques) sur laquelle s'applique à droite et à gauche, le nerf accompagné de cellules péricardiales, issu du corps paracardiaque correspondant. Ce nerf (*n. allate*) constitue là une masse fusiforme où se distinguent deux types de noyaux, puis il repart (*n. prothoracique*) vers l'avant, de chaque côté de l'œsophage. 4° *Formations annexes :* Chaque nerf prothoracique se dirige dans l'espace compris entre le proventricule et le ganglion cérébroïde et se termine en un ganglion accolé à la face interne d'un cordon adipeux relié au ganglion cérébroïde par quelques tractus. Ce nerf aboutit, d'après Puri, à un *plexus nerveux*. J'ajouterai que celui-ci est placé juste en arrière du ganglion terminal, entre le cordon adipeux latéral et les muscles de la paroi du corps; certaines de ses ramifications s'attachent à la commissure trachéenne reliant les trachées cérébrales. En outre, de part et d'autre de l'œsophage, une chaîne de six à huit cellules péricardiales typiques est rattachée, en haut à la face interne du cordon adipeux, presque en continuité avec le ganglion du nerf prothoracique et, en bas, par de fins tractus au canal séricigène et au ganglion sous-œsophagien.

Ce complexe rétrocérébral très différencié, réalise donc chez la larve eucéphale des Simuliides (famille que certains systématiciens ont placée parmi les *Paranématocères*, proches des *Brachycères*) un long collier entourant *complètement* l'aorte et dans lequel se retrouvent, avec les même positions respectives,

les éléments considérés comme constituant l'anneau de Weismann des larves de Cycloraphes. De plus, il me semble que la glande péritrachéenne, décrite chez la larve de *Chironomus plumosus* par Possompès ([5]) qui l'apparente à une glande péricardiale, pourrait peut-être correspondre au complexe (plexus, ganglion, chaîne péricardiale) existant chez *Simulium*.

ENTOMOLOGIE BIOLOGIQUE. — *Relation de la ponte du Doryphore avec un facteur alimentaire de fécondité*. Note ([1]) de M. **Pierre Grison** présentée par M. Émile Roubaud.

Nous avons précédemment indiqué ([2]) que la fécondité du Doryphore adulte (*Leptinotarsa decemlineata* Say, Col. Chrysomélide) est en relation directe avec la qualité de l'aliment absorbé par l'Insecte.

Nous avons attribué à la sénescence du feuillage de la Pomme de terre nourricière la diminution de la ponte du Doryphore, diminution pouvant aller parfois jusqu'à l'inhibition de l'ovogénèse.

De nouvelles expériences ont été entreprises, sur ce sujet, en contrôlant d'abord, avant la réalisation des essais biologiques, la fécondité de chaque couple. Cette précaution était indispensable en raison des variations individuelles considérables de fécondité. Chaque femelle devenait ainsi, avant l'expérience, son propre *témoin*.

Les couples, recueillis dans la nature au printemps, peu après leur sortie, étaient nourris avec des *feuilles jeunes* de Pomme de terre pendant 6 jours, et leur fécondité était notée. Ensuite, dans une première expérience, certains couples étaient nourris avec des *feuilles vieilles*, sauf une fois par semaine où ils recevaient du feuillage jeune; pour trois d'entre eux, cités ici comme exemple, nous avons obtenu les chiffres suivants :

En contrôle préalable :	En période d'essai sur feuilles vieilles :
1er couple, 140 œufs (4 pontes)	8 œufs (1 ponte) en 15 jours
2e » 136 » (5 »)	32 » (2 ») en 35 »
3e » 208 » (4 »)	41 » (2 ») en 7 »

D'autres couples, au contraire, dans la seconde période de l'expérience, étaient mis en présence de *feuilles jeunes* à l'exception d'un seul repas par semaine donné avec du feuillage âgé. Nous avons obtenu :

([5]) *Bull. Soc. Zool. France*, 2, 1946, pp. 99-109.

([1]) Séance du 1er décembre 1947.

([2]) *Comptes rendus*, 219, 1944, pp. 295-296.

En contrôle préalable :	En période d'essai sur feuilles jeunes :
1er couple, 122 œufs (5 pontes)	143 œufs (8 pontes) en 20 jours
2e » 125 » (5 »)	184 » (6 ») en 24 »
3e » 130 » (4 »)	310 » (10 ») en 23 »

Les différences, entre les deux groupes d'Insectes, sont encore plus caractéristiques si, en plus du total des œufs pondus, on compare le nombre moyen d'œufs composant chaque ponte. Dans le premier cas : de 35, 27 et 52 œufs par ponte respectivement déposée par chacune des femelles, la moyenne tombe à 8, 16 et 20 œufs après alimentation sur feuilles vieilles; dans le second cas, au contraire, la moyenne de 24, 31 et 25 œufs par ponte de contrôle se maintient à 18, 31 et 30 œufs pour les femelles nourries de feuilles jeunes. Ces faits traduisent l'existence, dans la fécondité, d'un trouble provoqué par une carence d'origine alimentaire, lorsque les femelles ne disposent pas de feuillage jeune, d'une manière suffisamment fréquente.

La déficience n'étant pas de nature quantitative (P. Grison déjà cité), nous avons examiné les chiffres donnés par Coic ([3]) sur les variations de composition chimique des feuilles de Pomme de terre (variété Bintje) en fonction de l'âge de la plante et de la position du prélèvement; nous les avons regroupés pour tirer les rapports suivants :

	Azote total.	Glucides totaux.	Rapport N/glucides.
Feuilles du sommet le 19 juin........	4,18	3,80	1,1
» le 5 août........	2,96	2,53	1,1
» de base »	2,20	0,82	2,6

Pour nous rendre compte de la valeur *plastique* de ces groupes d'éléments biochimiques, nous avons apporté un supplément soit de glucides (glucose, saccharose, amidon), soit d'acides aminés divers (alanine, arginine, histidine, leucine, tyrosine, asparagine) ou de caséine, à une ration composée de poudre de feuilles jeunes de Pomme de terre, offerte aux Insectes sur feuille fraîche de Pois ou de Pomme de terre. Nous n'avons obtenu aucune différence significative, bien que les chiffres ci-dessus suggèrent la notion de *ration équilibrée*. Il en a été de même après apport de tocophérol, sous forme de produit commercial. On peut penser qu'une substance d'un autre ordre est en cause.

En résumé, les feuilles jeunes de Pomme de terre apportent au Doryphore, en quantité suffisante, un élément indispensable à l'émission des œufs, ou *facteur de fécondité*; les feuilles âgées ne renferment cet élément qu'en quantité vraisemblablement trop faible, puisqu'elles ne fournissent à l'Insecte, à elles seules, qu'une ration déséquilibrée ou carencée.

([3]) *Ann. Agron.*, 15, 1945, p. 86.

BIOLOGIE. — *Sur l'adsorption des anions par les hématies.* Note (¹) de M. **Bernard Delage.**

On sait que les hématies peuvent fixer certains anticorps (agglutinines, hémolysines, sensibilisatrices, leucocidines, etc.). Cette propriété n'est pas l'apanage de ces édifices moléculaires complexes, de constitution physico-chimique inconnue. Nous allons montrer que des ions électronégatifs peuvent également être fixés très énergiquement sur les stromas globulaires. D'intéressantes conclusions peuvent être déduites de ces recherches dont voici l'essentiel.

Description du phénomène. — Préparer d'une part du plasma citraté à 5 $^{0}/_{00}$ en ajoutant à 9 volumes de sang prélevé par ponction veineuse 1 volume de citrate de soude à 5 %, d'autre part une émulsion de globules rouges au 1/20 en solution saline isotonique (pour cela, prendre un volume de sang défibriné, le laver trois fois par centrifugation dans la solution saline isotonique, compléter avec cette solution à 20 volumes; c'est l'émulsion couramment utilisée en sérologie de *globules rouges à* 5 %).

Dans une série de tubes à hémolyse, introduire une quantité fixe ($0^{cm^3},1$) de plasma citraté (humain par exemple) et des quantités croissantes ($0^{cm^3},1$ à 5^{cm^3}) de la suspension d'hématies (de mouton par exemple). Mélanger et mettre les tubes au bain-marie à 37°.

Après un temps variable (1 à 10 minutes), on observe que le contenu de l'un des tubes (par exemple celui qui contient $0^{cm^3},1$ de plasma citraté + 1^{cm^3} d'émulsion globulaire) est gélifié. Le tube peut être retourné sans que cette gelée coule ou se déforme. Après un nouveau délai, un tube, puis les deux tubes situés de part et d'autre du premier tube où s'observe la gélification (et que pour cette raison nous appellons *tube de gélification initiale*) présentent le même aspect. Puis la gélification gagne de proche en proche, mais il y a une limite. Après 18 heures, aucune gélification n'est observable dans certains tubes (les premiers et les derniers).

On remarquera l'analogie d'allure du phénomène que nous avons observé avec la floculation des toxines par les antitoxines correspondantes. Il existe un tube dans lequel la floculation apparaît avant les autres (floculation initiale de Ramon), puis la floculation gagne de proche en proche; les tubes trop éloignés du mélange neutre peuvent ne pas présenter de floculation.

Influence de différents facteurs. — La gélification se produit non seulement quand hématies et plasma appartiennent à des espèces zoologiques différentes, mais aussi quand ils sont de la même espèce, voire du même individu.

(¹) Séance du 10 novembre 1947.

L'allure de la courbe de gélification diffère suivant les plasmas et les hématies. Ses principales caractéristiques sont :

a. la *concentration critique* de gélification, qui est la quantité d'hématies (à 5 % pour $0^{cm^3},1$ de plasma citraté) au-dessous de laquelle il n'y a pas de gélification après un temps donné;

b. l'amplitude de la zone de gélification;

c. la concentration en hématies correspondant à la gélification initiale;

d. la vitesse de gélification à 37° (pour le 1er tube).

Généralité du phénomène. — La gélification se produit également lorsqu'on remplace le citrate de soude par d'autres anticoagulants salins : fluorure, oxalate de sodium.

Mécanisme de la gélification. — La présence de l'ion calcium étant nécessaire à la coagulation, admettons en première approximation que ces trois anticoagulants suppriment l'ionisation du calcium sanguin. Si la gélification se produit, c'est que les ions calcium sont libérés, donc que les anions citrique, fluorhydrique, oxalique ont été adsorbés par les hématies.

La gélification est bien due à la transformation du fibrinogène soluble en fibrine insoluble, car si l'on remplace le plasma par la solution saline, le lait ou le sérum citratés au même taux, la gélification ne se produit plus.

La gélification initiale correspond à l'optimum d'adsorption. Pour des quantités de globules rouges plus faibles, il y a des anions non adsorbés; la gélification est retardée et même ne se produit plus quand la quantité d'anions libres est suffisante. Pour des quantités de globules rouges trop grandes, c'est la quantité de fibrinogène qui est insuffisante pour gélifier tout le volume du mélange.

Application du phénomène de gélification. — L'optimum d'adsorption permet de calculer le nombre d'ions adsorbé par un globule rouge, et par suite, connaissant la surface de celui-ci, la distance qui sépare deux ions entre eux si l'on admet qu'ils s'adsorbent en couche mono-ionique.

L'étude de la courbe de gélification en pathologie a été commencée. Nous pouvons déjà dire que la gélification est plus rapide pour les sangs à vitesse de sédimentation élevée que pour les sangs normaux.

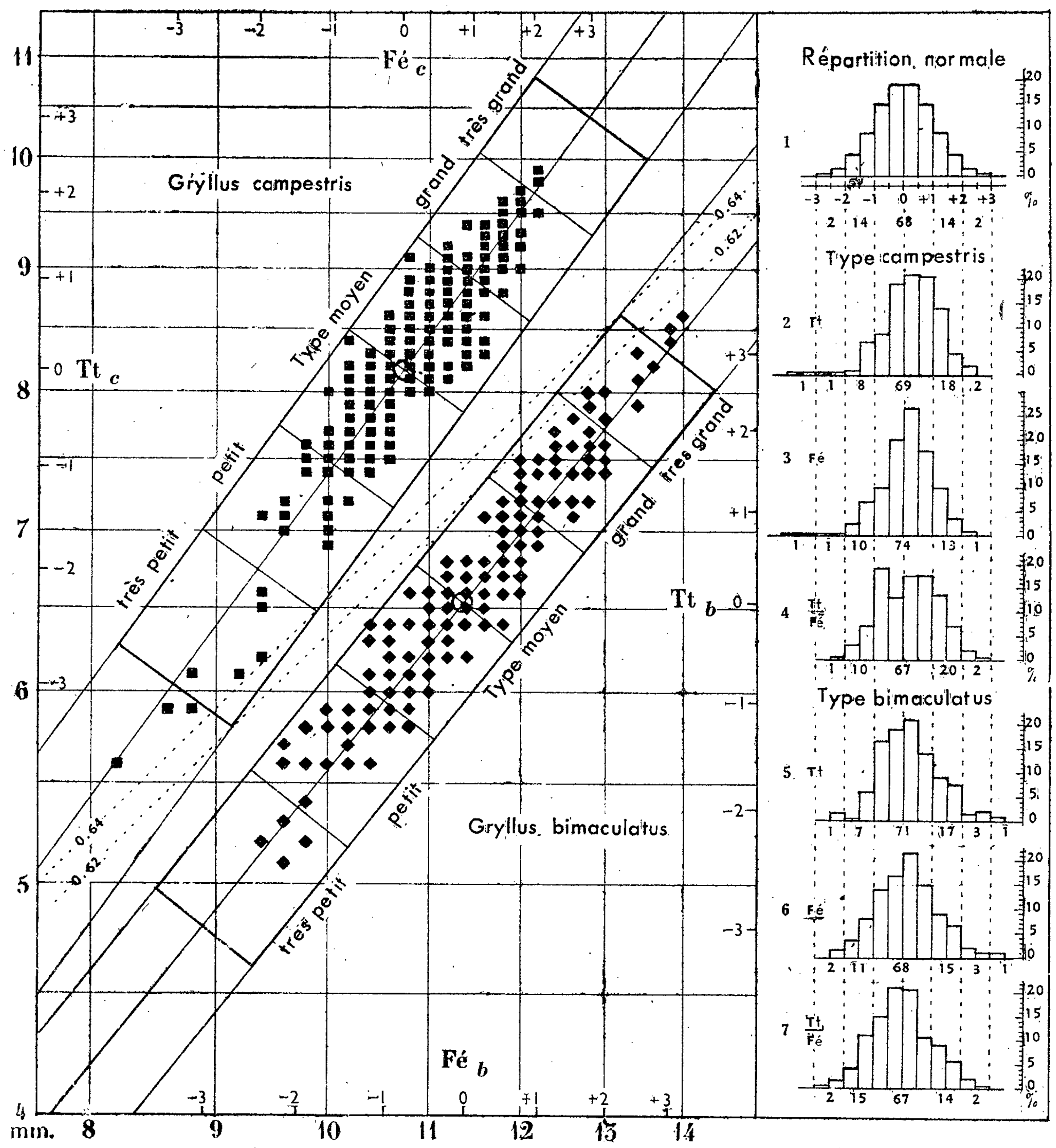
BIOMÉTRIE. — *Sur la détermination des limites de normalité de caractères morphométriques chez deux espèces :* Gryllus campestris *et* G. bimaculatus. Note [1] de Mlle **Germaine Cousin**, présentée par M. Maurice Caullery.

Un insecte appartenant à une espèce, race, génotype, phase, caste, stade ou à tout autre groupement homogène, réalise, dans un milieu déterminé, un équilibre plus ou moins plastique, qui se traduit par un type structural pouvant être défini par quatre caractéristiques principales : *grandeur moyenne*

---

[1] Séance du 1er décembre 1947.

et *variabilité de taille* des organes, *rapports caractéristiques* entre ces organes et *liaison* de ces organes entre eux. Chez les organismes, malgré l'allométrie de taille, la distribution des mesures d'un caractère reste généralement proche de la répartition dite normale. De ce fait, la meilleure méthode pour fixer



les limites de normalité doit être basée sur une échelle établie d'après la loi statistique de répartition des fréquences. Telle est l'échelle en *écarts réduits*, qui exprime la variabilité des mesures individuelles, en écarts autour des moyennes rapportées à leurs écarts types respectifs.

La figure ci-dessus représente les limites de la normalité des deux groupes de référence : l'un de 201 ♂ *Gryllus campestris* (C), l'autre de 274 ♂ *G. bimaculatus* (B), élevés en souches « inbred ». Les caractères étudiés, de mensuration facile, sont : la largeur de la tête *Tt*, en fonction de la longueur du fémur *Fé*; caractères dont les rapports individuels sont d'un emploi généralisé dans les études du polyphormisme des Sauterelles et même de certains insectes sociaux. Les coordonnées du tableau sont logarithmiques. En ordonnées, sont portées, en millimètres, les valeurs de *Tt*, en abscisses celles de *Fé*. De plus, les échelles

marginales, à gauche et en haut, indiquent les limites des écarts, en σ entiers, de la variabilité de taille de *Tt* et de *Fé* pour l'espèce C; celles qui sont situées à droite et en bas indiquent ces mêmes limites pour B. Les zéros des échelles marginales correspondent aux points centraux des deux populations respectives. Les axes d'équilibre de chaque groupe sont de pentes α déterminées par les quotients des indices de variabilité des deux caractères *Tt* et *Fé* et passent par les points centraux de C et de B. Ces axes représentent les lieux géométriques des points représentatifs théoriques des couples de mesures *rapports types*, dont les valeurs répondent à la relation d'allométrie. Ces axes d'équilibre sont divisés en portions correspondant aux échelles marginales en σ. Deux lignes parallèles, de part et d'autre de l'axe d'équilibre, représentent les limites de la normalité, ramenée à 3σ, de la distribution des écarts individuels autour du grand axe de chaque population. Ces limites de la variation des indices individuels sont les plus *importantes* et les plus rigoureuses, en raison de la très faible amplitude de la fluctuation calculée au moyen de la formule des moindres écarts. La fluctuation des deux caractères est exprimée en σ et dépend des degrés d'association de l'ensemble des caractères de l'individu.

Sur la partie droite du tableau sont portés sept polygones, où les fréquences sont réparties en classes de $0,5\sigma$. Le premier de ces polygones donne, en % entiers, la répartition théorique des fréquences dans une distribution normale; les six autres donnent la répartition en % entiers du nombre d'individus de chaque groupe. Pour *Tt* et *Fé*, les polygones 2 et 3 se rapportent à l'espèce C, et 5 et 6 à B; 4 et 7 représentent les fluctuations des rapports individuels *Tt*/*Fé* autour des axes d'équilibre respectifs de C et de B.

Aux points figuratifs portés sur le tableau et qui représentent 475 Grillons ♂ C et B, de souches *inbred*, ont été surajoutés, sans être pris en considération pour l'établissement des limites de normalité, 75 ♂ C récoltés dans diverses régions de France et 50 ♂ B sauvages, de France, des Iles Açores et Madère; soit, au total, 600 individus. On remarquera, dans le pourcentage des distributions du polygone 4, une inégalité, par rapport à la courbe normale, due à l'écart des ♂ C sauvages chez lesquels le phénotype réalise, ainsi que je l'ai signalé antérieurement, des caractéristiques spécifiques plus accusées que chez les ♂ C obtenus en élevage.

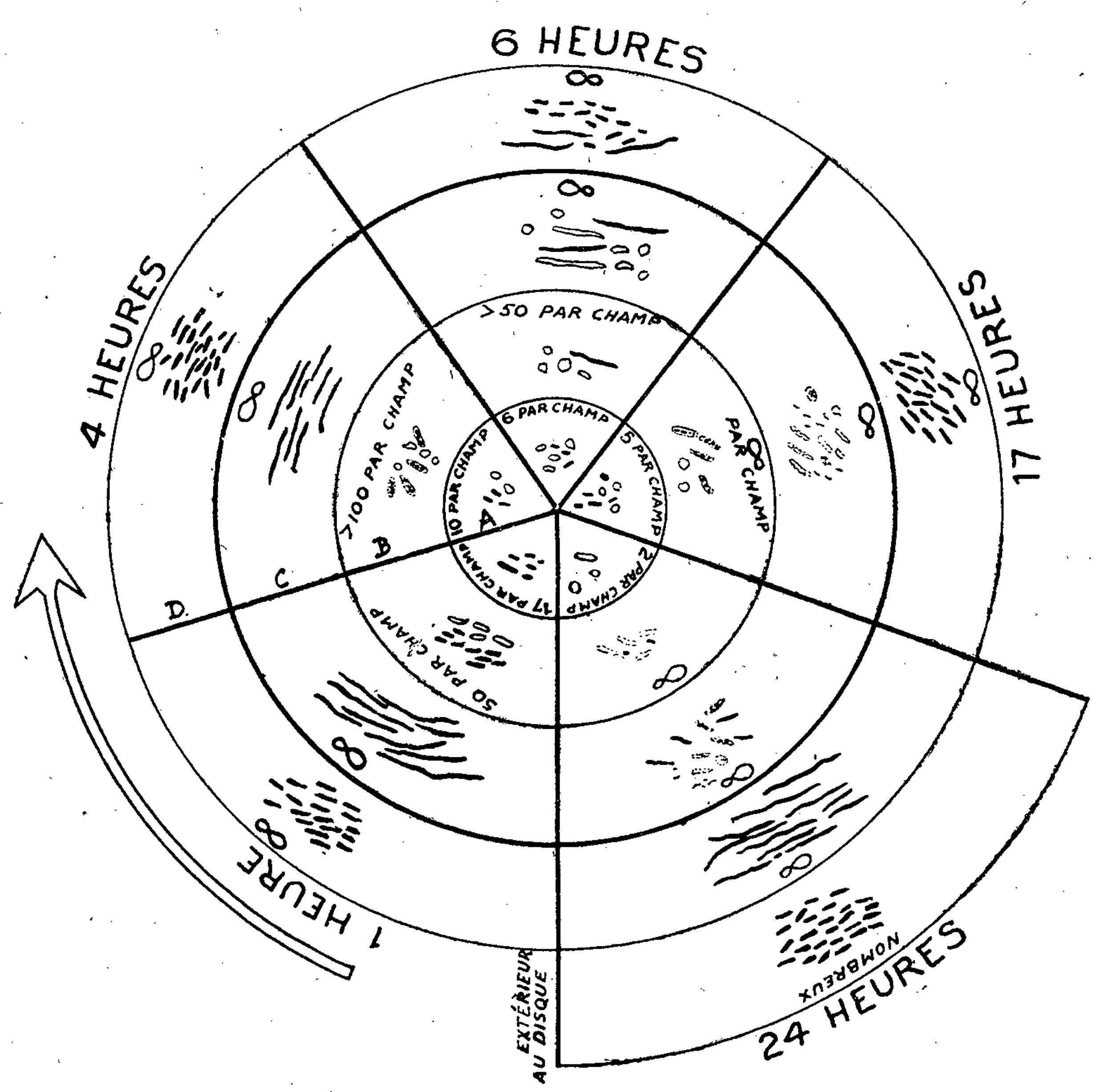
Théoriquement, les limites de 3σ autour des axes d'équilibre doivent contenir 99,7 % de la population. Ici, les limites du tableau en englobent 100 %. Seules ont été dépassées les limites de normalité de taille par 3 ♂ C, extrêmement petits, et 3 ♂ B, extrêmement grands. Ces dépassements sont liés aux réactions spécifiques opposées de C et de B aux conditions de milieu identiques, réalisées dans les élevages.

MICROBIOLOGIE. — *Méthodes pour la mise en évidence des modifications morphologiques et tinctoriales des microorganismes soumis à l'influence des antibiotiques.* Note [1] de M. **Constantin Levaditi** et M^lle **Jeanine Henry**, présentée par M. Gaston Ramon.

Les modifications morphologiques et tinctoriales, de nature involutive et dégénérative, que les bactéries subissent lorsqu'elles se trouvent en présence

(1) Séance du 1er décembre 1947.

d'antibiotiques *in vitro* (pénicilline ou streptomycine), ont été précisées par C. Levaditi et A. Vaisman ([2]) et par C. Levaditi et J. Henry ([3]), à l'aide de la technique d'imprégnation argentique. L'*Escherichia coli*, le *Staphylococcus aureus*, le *Bacillus subtilis*, le *B.* de Friedländer, le *Bacillus anthracis* offrent des changements de forme et d'affinités argyrophiliques, changements qui, pour certains d'entre eux, aboutissent à la formation de *stromas* destinées à une lyse totale.



Représentation schématique des modifications morphologiques et tinctoriales subies par l'*Escherichia coli* soumis à l'action de la pénicilline (1, 4, 6, 17 et 24 heures après le début de l'expérience). Décalque de la zone de lyse. (A, sous la rondelle de papier filtre; B, au contact de cette rondelle; C, au centre du rayon de la zone lysée; D, à la limite de la zone lysée.)

Jusqu'ici la technique consistait à faire des prélèvements à des moments divers au cours de l'évolution du processus antibiotique, et à colorer le frottis par la méthode de Fontana-Tribondeau, la réaction ayant lieu dans le tube à essais. Or, nous venons de mettre au point deux autres procédés qui fournissent des renseignements infiniment plus précis sur l'évolution des phénomènes en fonction du temps. Les voici :

1° On utilise, pour la mise en évidence de la lyse antibiotique, la méthode

([2]) *Bull. Acad. Méd.*, **129**, 1945, p. 564.
([3]) *Revue d'Immunologie*, **11**, 1947, pp. 22 et 32.

de Vincent (4), laquelle consiste à imbiber de pénicilline, ou de streptomycine, des rondelles de papier filtre stérilisées (7^{mm} de diamètre), rondelles que l'on place sur la surface d'une gélose coulée et solidifiée dans des boîtes de Pétri, gélose ensemencée 1 heure auparavant avec la bactérie que l'on se propose d'étudier. Un disque de lyse se forme, qui se développe progressivement et proportionnellement à la dose d'antibiotique utilisée. Des prélèvements à l'aide d'une anse de platine sont effectués en cinq points différents (soit : *a*. Sous la rondelle de papier et au voisinage immédiat de cette rondelle; *b*. Au milieu du rayon du disque de lyse; *c*. A la limite externe du même rayon et *d*. En dehors de la zone de lyse), et cela à des moments divers entre 1 heure et 24 heures. Ces prélèvements servent à faire des frottis que l'on colore par le nitrate d'argent.

2° L'application, sous une légère pression, d'une lame ordinaire longue de 3 à 4^{cm}, sur toute la surface du disque de lyse et sur la zone non lysée immédiatement limitrophe, permet d'obtenir des décalques. Ceux-ci, réalisés au même rythme que précédemment, sont colorés, puis examinés en cinq points différents, parfaitement repérés, entre le centre de la rondelle et la périphérie de la zone transparente.

Résultats. — Sans entrer dans les détails (5), nous dirons qu'en ce qui concerne la pénicilline et l'*Escherichia coli*, les modifications morphologiques (allongement des bactéries, leur polymorphisme, l'irrégularité de leur aspect, la transformation en *stromas*) et tinctoriales (anargyrophilie partielle d'abord, complète ensuite), à l'état d'ébauche au centre de la zone correspondant à la rondelle de papier, progressent et s'accentuent en s'éloignant de ce centre, au fur et à mesure que, d'une part, l'antibiotique diffuse excentriquement, et que, d'autre part, il rencontre un nombre de plus en plus croissant de germes ayant pullulé à la surface du milieu nutritif. Aussi le taux des microorganismes en voie de lyse s'accroît considérablement du centre vers la périphérie de la zone lysée.

Un fait important est à retenir. Quel que soit le moment où l'on examine la zone limite externe du disque de lyse, on est frappé par l'abondance des bactéries allongées et filamenteuses, formes qui contrastent avec la prédominance de microorganismes courts et argyrophiles, présents hors de l'attente de l'antibiotique (phase exponentielle). Cela prouve que lorsque des traces de pénicilline diffusée arrivent au contact de microorganismes en voie de prolifération, les effets antibiotiques se traduisent non pas par des altérations involutives et tinctoriales, mais tout simplement par un arrêt du potentiel de segmentation des germes, attribuables, très probablement, à une activité inhibitrice exercée sur l'équipement enzymatique qui préside à cette segmentation.

---

(4) *Proc. Soc. exp. Biol. Méd.*, 55, 1944, p. 162.

(5) Ceux-ci seront publiés prochainement.

MICROBIOLOGIE. — *Observation directe des réactions vasculaires cutanées chez le Lapin soumis à l'épreuve d'une endotoxine typhique.* Note (¹) de MM. **Paul Boquet**, **Albert Delaunay**, MM^mes^ **Yvonne Lehoult** et **Jacqueline Lebrun**, présentée par M. Gaston Ramon.

Afin de pouvoir observer pendant plusieurs heures, et sans une longue préparation, les réactions vasculaires de la peau sous l'influence de substances diverses, nous avons eu recours à la technique simple que voici (²).

Sur la face interne de l'oreille d'un jeune lapin, albinos de préférence, on découpe un carré de peau de 1^{cm} de côté, puis on détache, dans le cartilage sous-jacent, un carré égal au premier. Les vaisseaux de la face externe se dessinent sur une mince lame de peau translucide qu'on fixe avec des épingles sur un support en liège percé d'un trou et qu'on examine au microscope avec un objectif à sec et un faible grossissement.

Chez le Lapin normal, les vaisseaux de l'oreille ainsi préparée sont disposés sur deux plans. L'un est formé de veinules aux parois minces, l'autre d'artérioles entourées d'une gaine musculeuse. Dans les mailles des ramifications artérielles et veineuses courrent des vaisseaux de petit calibre, dont certains, comme les capillaires, ne livrent passage qu'à une seule file de globules rouges et d'une manière intermittente. Lorsque la température ambiante est constante, les artérioles sont animées, à intervalles espacés, de contractions peu intenses, semblables à celles qui ont été observées par B. W. Zweifach, R. E. Lee, C. Hyman et R. Chambers (³), sur les artérioles mésentériques du Chien.

En raison de la précocité et de l'intensité du refroidissement et du changement de coloration de la peau des animaux qui ont reçu une dose mortelle d'antigène glucido-lipido-polypeptidique typhique, nous avons émis l'hypothèse, dans un précédent travail (⁴), qu'un des symptômes initiaux de l'intoxication typhique expérimentale était une réaction vaso-motrice périphérique. L'examen direct des petits vaisseaux de l'oreille du Lapin confirme cette hypothèse. En effet, l'injection par la voie veineuse ou par la voie péritonéale de 3 à 4^{cm^3} (soit 6 à 8^{mg}) d'antigène typhique, purifié selon la méthode de A. Boivin, produit les phénomènes suivants.

Après une période d'incubation dont la durée varie de 5 à 15 minutes, les artérioles se contractent. Ni les veinules, ni les capillaires ne participent apparemment à cette réaction. La contraction se propage le long du réseau artériel, des métartérioles et des fines artérioles précapillaires. Elle est si vive qu'elle interrompt parfois la circulation sanguine. Elle se prolonge pendant plusieurs minutes, puis elle s'atténue. On voit alors la circulation sanguine se rétablir progressivement, les vaisseaux s'élargir et souvent se dilater. Mais une nouvelle contraction vient, à bref délai, en effacer la lumière.

(¹) Séance du 1^er^ décembre 1947.

(²) P. Boquet, Y. Lehoult et A. Guichard, *Ann. Inst. Pasteur*, **73**, 1947, p. 912.

(³) B. W. Zweifach, R. E. Lee, C. Hyman et R. Chambers, *Ann. of Surgery*, **120**, 1944, p. 232.

(⁴) P. Boquet, A. Delaunay, Y. Lehoult et J. Lebrun, *C. R. Soc. Biol.*, **141**, 1947, p. 269.

Ces phases alternées de contraction et de relâchement des artérioles de la peau du Lapin rappellent celles qu'on observe sur les artérioles mésentériques du Cobaye éprouvé avec une dose mortelle d'endotoxine typhique ([5]). Elles s'atténuent à la période préagonique et font défaut chez les animaux témoins éprouvés, dans les mêmes conditions, par une injection d'eau physiologique.

Il apparaît ainsi qu'un des premiers signes de l'intoxication typhique expérimentale est une réaction vasculaire périphérique. D'autre part, des recherches antérieures ont apporté la preuve que le nombre des leucocytes diminue dans le sang, et que les phagocytes n'émigrent plus hors des vaisseaux vers les substances chimiotactiques introduites dans les tissus ([6]).

Dans quelle mesure le système nerveux sympathique participe-t-il à ces réactions? Des lapins, privés depuis 2 à 4 jours de leur ganglion cervical supérieur droit, reçoivent par la voie parentérale une injection de 3 à 4^{cm^3} d'antigène glucido-lipido-polypeptidique typhique. Dans l'oreille normale et dans l'oreille énervée, les artérioles se contractent vivement, le nombre des leucocytes circulant diminue parallèlement et le phénomène de la diapédèse est inhibé.

En apportant la preuve que la réponse initiale de l'organisme à l'intoxication par l'antigène typhique purifié est une réaction vasomotrice, les observations qui précèdent confirment l'opinion que nous avons émise à propos des variations de la température cutanée des lapins soumis à l'épreuve du même antigène ([7]). Elles permettent d'établir un rapprochement entre les réactions vasculaires de la peau à l'endotoxine typhique et celles qui ont été décrites au cours du choc anaphylactique par R. G. Abell avec H. P. Schenck ([8]), et du choc traumatique, par J. P. Levinson avec H. E. Essex ([9]). Elles démontrent enfin que les phénomènes vasculaires, la leucopénie et l'inhibition de la diapédèse, qui caractérisent l'intoxication typhique expérimentale sont indépendants de l'innervation sympathique locale.

MÉDECINE. — *Action préventive de l'antihistaminique n-diméthylamino-2-propyl-1-thiodiphénylamine sur l'œdème aigu expérimental du poumon, provoqué par l'administration d'un gaz toxique : la chloropicrine.* Note de MM. **Bernard Halpern** et **Samuel Cruchaud**, présentée par M. Léon Binet.

Nous avons relaté récemment ([1]) que l'administration préalable d'un antihistaminique de synthèse, le N-diméthylamino-2-propyl-1-thiodiphénylamine,

([5]) A. Delaunay, Mmes J. Lebrun et M. Delaunay, *Comptes rendus*, t. **224**, 1947, p. 1595.

([6]) A. Delaunay et J. Pages, *Ann. Inst. Pasteur*, **71**, 1945, p. 431.

([7]) P. Boquet, D. Bovet et Y. Lehoult, *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 1671.

([8]) *Journ. of Immunol.*, **34**, 1938, p. 195.

([9]) *Proc. Soc. Exp. Biol. a. Med.*, **52**, 1943, p. 361.

([1]) *Prévention de l'œdème aigu expérimental du poumon par les antihistaminiques de synthèse* (*Soc. de Biologie*, séance du 25 octobre 1947).

(3277), étudié par Bernard Halpern ([2]), était susceptible d'empêcher chez le Lapin, dans la totalité des cas traités (14 animaux), l'apparition de l'œdème aigu du poumon que détermine, on le sait, l'injection intraveineuse de 0,25 à 0,35 mg/kg de chlorhydrate d'adrénaline chez cette espèce animale. D'après nos essais, cette dose d'adrénaline provoque chez la totalité de 24 animaux, un œdème aigu du poumon qui est mortel en moins de 10 minutes chez 16 d'entre eux. L'œdème aigu du poumon est objectivé par une augmentation considérable du poids de l'organe. Celui-ci est normalement de 10 à 12^g pour un lapin de 2500^g. Il s'éleva à 32^g en moyenne chez les animaux ayant présenté de l'œdème aigu du poumon, et il ne fut que de 13^g en moyenne chez les animaux ayant reçu la même dose d'adrénaline, mais auxquels on avait administré au préalable, par voie sous-cutanée, 20 mg/kg de 3277 R. P. Nous avons montré en outre, que l'élévation de la tension artérielle sous l'effet de l'adrénaline était du même ordre chez les animaux traités et chez les témoins. L'effet préventif du 3277 R. P. semble donc relever d'une diminution de la perméabilité capillaire sous l'effet de l'antihistaminique de synthèse.

On sait que certains gaz dits *de combat* et notamment le chlore, la chloropicrine, le phosgène, la léwisite, le bromure de méthyle, etc., entraînent la mort de l'animal et de l'Homme par un œdème aigu du poumon.

Cet état pathologique semble être dû à une altération de la perméabilité capillaire sous l'effet du toxique. Nous avons donc pensé qu'il serait intéressant d'étudier l'effet de l'antihistaminique de synthèse sur l'œdème aigu du poumon provoqué par les gaz de combat.

Nos premiers essais ont été réalisés avec la chloropicrine. MM. Bacq et Goffart ([3]) ont signalé en 1940 dans une étude sommaire, que la chloropicrine administrée par voie veineuse, produit chez le Chat et le Chien la mort par œdème aigu du poumon. Nous avons établi que chez le Lapin, l'injection intraveineuse de 15 mg/kg de chloropicrine dissoute à 1 % dans un solvant hydroalcoolique (50 % eau, 50 % alcool à 95°) détermine la mort dans 100 % des cas (14 animaux) par un œdème aigu du poumon qui survient 15 à 240 minutes après injection.

Les poumons de ces animaux présentent des signes évidents macro- et microscopiques d'œdème aigu. Le poids moyen de ces poumons est de l'ordre de 29^g,6.

A une série de quinze lapins, nous avons injecté par voie sous-cutanée

---

([2]) *Recherches sur une nouvelle série chimique de corps doués de propriétés antihistaminiques et antianaphylactiques, les dérivés de la thiodiphénylamine* (*Arch. Intern. Pharmacod. et Thérapie*, **174**, 1947, pp. 314-333; B. N. Halpern, *Experimental Research on a new serie of chemical substances with powerful antihistaminic activity : The Thiodiphenyl derivatives* (*J. of Allergy*, **18**, 1947, pp. 263-273).

([3]) *Œdème aigu du poumon par injection intraveineuse de vésicants et de toxiques de guerre* (*Acta biologica belgica*, **1**, 1941, pp. 33-37).

20 mg/kg de 3277 R. P. et 30 à 40 minutes après, par voie endoveineuse, 15 mg/kg de chloropicrine. Les troubles immédiats dus probablement au solvant alcoolique et à l'action irritante endovasculaire de la chloropicrine sont identiques chez les deux lots d'animaux : témoins et animaux traités par l'antihistaminique. Mais tous nos animaux (quinze) protégés par l'antihistaminique ont survécu. Rien dans leur comportement ne permet de supposer qu'ils aient présenté des lésions pulmonaires. Chez certains d'entre eux, nous avons prélevé le poumon après un temps correspondant au délai habituel de la mort des animaux témoins, et chez la plupart d'entre eux, nous n'avons constaté macroscopiquement aucune modification traduisant l'œdème aigu, et leur poids était de $9^g,7$ en moyenne.

Nous faisons remarquer que lors de l'intoxication par la chloropicrine par voie endoveineuse, la pression artérielle, après une hypotension fugace consécutive à l'injection, se maintient à un niveau sensiblement normal, et s'effondre soudainement 5-10 minutes avant la mort par œdème aigu du poumon. L'examen macroscopique des autres viscères n'a pas montré de lésions de même nature.

Il ressort nettement de ces essais que l'injection préalable de N-diméthyl-amino-2-propyl-1-thiodiphénylamine protège le Lapin contre l'œdème aigu du poumon, mortel chez les témoins, provoqué par l'administration intra-veineuse d'un gaz toxique : la chloropicrine. L'étude de l'action protectrice du dérivé de la thiodiphénylamine, vis-à-vis du même syndrome, déterminé par d'autres gaz toxiques (phosgène, chlore, etc.), est actuellement en cours.

Nous avons cru intéressant de rapporter dès aujourd'hui les résultats obtenus, car c'est la première fois qu'on réalise une protection aussi remarquable, par un produit chimiothérapique contre l'agression produite par un gaz de combat.

A 16^h l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à $17^h 15^m$.

L. B.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE ANNUELLE DES PRIX DU LUNDI 15 DÉCEMBRE 1947

PRÉSIDENCE DE M. LOUIS BLARINGHEM.

M. **Louis Blaringhem** prononce l'allocution suivante :

Messieurs,

En ouvrant la Séance annuelle de l'Académie, honorons la mémoire de nos morts : **Paul Langevin** de la Section de Physique générale décédé le 19 décembre 1946 et, en 1947, **Léon Bertrand** de la Section de Minéralogie, **Robert Lespieau** de la Section de Chimie, ces dernières semaines **Pierre-Augustin Dangeard** de la Section de Botanique. Parmi nos Correspondants étrangers **Sir Almroth Edward Wright** à qui M. Hyacinthe Vincent a rendu un vibrant hommage, **Émile-Auguste De Wildeman**, botaniste colonial dont l'œuvre a été analysée par M. Auguste Chevalier et, parmi nos compatriotes, l'ingénieur hydrographe **Pierre de Vanssay**, le biologiste pastorien **Henri Vallée**, le zoologiste **Édouard Chatton**, dont les œuvres sont analysées dans les *Comptes rendus* par les Doyens de leurs Sections.

Paul Langevin, né à Paris, le 23 janvier 1872, élève de l'École Municipale de Physique et Chimie de la Ville de Paris dont il fut plus tard le Directeur, eut la volonté de préparer seul le Concours d'entrée à l'École Normale Supérieure, y fut reçu premier en 1894; pourvu de la licence, il passa la majeure partie de son temps au laboratoire et à la bibliothèque. Classé premier à l'Agrégation en 1897, il accepta avec enthousiasme la bourse offerte par la Ville de Paris pour le séjour d'un an au Laboratoire Cavendish (Cambridge, Angleterre), alors dirigé par l'Honorable J. J. Thomson; il s'y lie d'amitié solide avec Rutherford, Townsend, Richardson..., tout en rédigeant des chapitres de sa Thèse de Doctorat soutenue à Paris en 1902 *Sur l'ionisation des gaz par les rayons* X.

Il en possédait l'essentiel quatre ans plus tôt, l'avait développée oralement à ses aînés, à Paul Villard, Jean Perrin, Henri Abraham, surtout à notre vénéré Maître M. Marcel Brillouin. Mathématicien né, ingénieur qualifié, Paul Langevin possède à la fois la réserve concentrée et l'audace de pensée qui lui font substituer aux faits des dessins précis, aux croquis les symboles mathématiques qui justifient la généralisation. La clarté de ses exposés écrits et oraux le font appeler, à 30 ans, à la suppléance de Mascart au Collège de France; en 1909, titulaire de la Chaire de Physique expérimentale, il forme de nombreux élèves

dont M. Joliot, distingué par lui à l'École de Physique et Chimie. Ingénieur il reste par le petit volume des textes, par l'orientation pratique de ses concepts, par le triage des matériaux et l'emploi des seuls faits solides susceptibles de généralisation dont il dégage des conséquences révolutionnaires. Ses techniques délicates parce que révélatrices de l'agencement, de l'ordre qui domine les phénomènes, soulèvent l'enthousiasme de ses pairs, de ses auditeurs nombreux; effort désintéressé mis au service de l'Humanité.

Aux ingénieurs, l'initiative. Les grains d'électricité préparent la moisson de Jean Perrin et elle sera belle. Paul Langevin me dit, il y a deux ans, ce que les écrans réalisés pour la télévision par notre Confrère M. Barthélemy apportent pour l'analyse des infiniment petits. Pour l'hygiène et l'agriculture, Langevin montre l'existence d'une discontinuité dans l'atmosphère; l'eau comme les poussières forme une couche basse de gros ions, ici la pluie, là le brouillard; les nuages stratus et nimbus, condensés par accidents locaux électriques en grêle dévastatrice des récoltes; les cirrus à quelques kilomètres au-dessus font une zone plus épaisse de très petites gouttes; au delà, le bleu du ciel. Tyndall, Lord Rayleigh, Lord Kelvin étudient la diffusion de la lumière que leur émule, notre Confrère, démontre être l'effet du discontinu; les écrans forment étages, filtrent les émanations solaires, écartent de la terre les rayons dangereux, y permettent la vie. M. Jean Cabannes examine la diffusion latérale dans le vide et prépare les découvertes de l'Hindou Raman.

Mêmes déductions dans l'utilisation des ultrasons. Des vibrations sonores sélectionnées pour leur pureté, comme certaines radiations, sont triées par la construction des émetteurs, des récepteurs substituent au tympan la rétine et le milieu aquatique se prête à des épreuves. Utilisant le quartz piézoélectrique, Langevin perçoit l'écho, le retour d'un son réfléchi avec l'empreinte à longue portée d'un métal défini. Appliquée à la reconnaissance des sous-marins, la découverte de Paul Langevin contribue à décider de l'issue de la première guerre mondiale.

Ce sont encore des leçons d'harmonie que nous donne Paul Langevin avec ses études sur le *Magnétisme induit;* les atomes de Jean Perrin, dont Rutherford définit le noyau et les satellites électroniques, possèdent des propriétés diamagnétiques; mouvements qui expliquent les modalités du paramagnétisme. Pierre Weiss en tire la notion du magnéton, si féconde pour l'exposé des découvertes et les savants de Leyde abaissent à des dixièmes de degré vers le 0° absolu la température de leurs enceintes; tous reconnaissent l'apport de Langevin dans ces réalisations. La liste est longue et se prolongera.

Avant Einstein, Paul Langevin distingue la relativité restreinte de la relativité générale. En accord avec Einstein, il dissèque la notion complexe de l'énergie, source de mouvement, aboutit à l'inertie de l'énergie. L'inertie de masse régit la dynamique newtonienne classique, a rendu et rendra de précieux services. A l'échelle de l'élément chimique l'énergie et la matière sont confondues dans

des espaces atomiques. La radioactivité de l'uranium de Henri Becquerel, celle du radium de Mme Curie, mille fois plus forte, sont des faits notoires et Paul Langevin en tire la démonstration de l'unité de la matière. La bombe atomique est une illustration éclatante de l'inertie de l'énergie. Paul Langevin fut, et reste avec M. Joliot-Curie, l'animateur des travaux de la Commission des physiciens français s'occupant de cet angoissant problème.

Paul Langevin fut avant tout l'homme généreux; d'une grande bonté pour ses contradicteurs, pourvu qu'ils fussent sincères et justes, il était un puissant et fidèle protecteur de ceux qui, comme moi, ont eu l'avantage de le rencontrer à *la Nature* de l'École Normale, avec Noël Bernard, Jean Perrin, Lucien Herr..., de lui faire apprécier la qualité d'un café préparé par mes soins avec l'eau maintenue en caléfaction dans un large récipient de fer battu. J'y ai pris l'audace d'imposer mes initiateurs lamarckiens Félix Le Dantec Alfred Giard, Edmond Perrier, Julien Costantin, la notion de Mutation discontinue des espèces énoncée en 1901 par Hugo de Vries.

Parce que désintéressé, Paul Langevin obtenait la confiance; il laissait à des industriels, à ses collègues et à ses élèves le soin de développer les applications de ses études à la seule condition qui s'impose aux savants de l'avenir, dire tout ce que l'on sait, et même ce que l'on devine, avec sincérité. Si l'entente internationale sur ce point aboutit, comme je le souhaite, elle peut avoir les plus heureux effets pour l'humanité en supprimant la guerre. Aux Académies qui forment l'Institut de France, de suivre les travaux de notre compagnie pour en diffuser les résultats; acquis par la Science, ils constituent un patrimoine commun à tous.

Pierre-Léon-Robert Lespieau est né à Paris le 15 juillet 1864; fils du Général Lespieau, un des pacificateurs du Sud-Oranais, il le suit à Grenoble, y devient physico-chimiste et maître de la technique cryoscopique de François Raoult avant son entrée à l'École Normale Supérieure (1886). Ici il trouve des juges éminents mais résistants; il gagne l'estime de Friedel, émule de Würtz, et donne au *Supplément du Dictionnaire* les articles *Cryoscopie*, *Ébullioscopie*, *Desmotropie*, plus tard les tableaux des résultats dans le *Recueil des Constantes* de la Société de Physique, œuvre colossale d'Henri Abraham, édifiée dans le laboratoire encombré de documents et d'appareils où s'est développée la fée populaire qu'est la lampe triode.

A l'École Normale, Robert Lespieau est architecte en Stéréochimie. Agrégé-préparateur en 1891, il quitte cette fonction recherchée pour un enseignement au Collège Chaptal, mais reste à l'École, dans une pièce écartée pour faire de la cryoscopie avec l'acide cyanhydrique, poison violent et insidieux; il y corrige les résultats de Van't Hoff, montre discrètement son dédain pour la théorie des équivalents et prépare la victoire de la théorie atomique de Wurtz. Dans un *Traité de Chimie élémentaire*, dans la brillante Thèse de Doctorat de 1897,

plus tard dans l'article *Sur les notations chimiques*, paru dans la *Revue du Mois* (1913) et dans le traité substantiel *La Molécule chimique*, il impose sa conviction devenue enseignement officiel lorsqu'en 1918 l'Académie des Sciences couronne ses efforts avec le Prix Jecker. En 1934, il est admis dans notre Compagnie.

Albin Haller définit la qualité de l'œuvre « une interprétation géométrique, puis mécanique des échafaudages réalisables par des combinaisons ». Professeur à l'École Normale, il adopte Paul Viguier, Maurice Bourguel, deux héros et d'autres, nos collègues; par eux il impose ses méthodes et sa confiance dans la théorie nouvelle; les espèces chimiques sont des étapes de repos discontinues préparées par des mutations multiples rarement consolidées. La mousse de platine accélère la construction; c'est de la physique au service de la chimie organique.

Ayant préparé des corps purs avec la précision des crystallographes, Lespieau et Bourguel découvrent que : « les doubles liaisons du noyau benzénique se comportent comme les liaisons éthyléniques ordinaires relativement à l'effet Raman; la fréquence de la raie caractéristique variant légèrement avec le composé, on peut penser qu'elle dépend des substitutions voisines et de la place de la double liaison de l'édifice », ce qu'ils démontrent. La pléïade de Maîtres formés par Robert Lespieau, la liste est longue de ceux tombés en 1914-18, assurent pour longtemps la vie à la Stéréochimie atomique.

Notation algébrique pour la Physique de la Matière par Paul Langevin, notation géométrique pour la Chimie avec Lespieau, ce sont des langues universelles dont M. Louis de Broglie vous parlera. Par l'accord des savants qui les utilisent avec compétence, elles préparent la complète intelligence de la Nature au bénéfice de la paix et du bien-être de l'Homme, étrange espèce dans la série des Êtres à venir, vivants ou fossiles.

Ils étaient d'une diversité prodigieuse, les fossiles que, préparateur, je classais avec **Léon-Louis-Théophile Bertrand** en 1903. Ma première fonction fut d'être l'ami de celui qui créa la Chaire de géologie structurale et appliquée pour faire place, à l'École Normale, à son élève M. Louis Barrabé, devenu par lui un grand pétrolier. Avide de connaissances, comme de mouvement, Léon Bertrand fit de Michel Longchambon le chimiste, de Pierre Viennot le stratigraphe, de M. Maurice Roubault, l'adjoint minéralogiste, de Viennot et de M. André Rivière les explorateurs de l'Irak et du Turkestan. Pierre Viennot fut le principal artisan des découvertes du pétrole dans l'Irak.

Léon Bertrand avait en 1921 étudié les gisements de la Roumanie, en 1923 les zones bitumeuses de Madagascar dont il dressa la carte. C'est en effet la tectonique et vingt années de courses pour la mise au point de nombreuses cartes géologiques de Nice, du Centre, de Foix qui le désignent pour la rédaction de l'*Histoire géologique du sol français* et pour la démonstration, inattendue

et fort discutée, de la présence de pétrole au Nord des Pyrénées françaises, maintenant confirmée. Pétrographe il était à ses débuts avec la rédaction de la *Science des Roches*, plus tard de *L'emploi du microscope polarisant*, aidé par des élèves qui lui furent fidèles. Je l'ai vu à l'œuvre, classant les fossiles que lui léguait par fragments Stanislas Meunier, les retournant, examinant de biais leurs cassures avec l'art du porcelainier qu'il fut à certaines heures. Entre ses mains agiles, le fossile prenait vie et c'est la vie même ou plutôt la fermentation des profondeurs de la Terre qui, au microscope polarisant, donnait ces couleurs irisées plus nettes que celles de l'arc-en-ciel dont il interprétait la texture et l'origine en ingénieur qualifié.

Rendre service était la discipline de Léon Bertrand et il était né pour elle; reçu à l'École Normale Supérieure et à l'École Polytechnique à 17 ans, agrégé en 1890, Chargé de Conférences de Pétrographie à la Sorbonne en 1893, Collaborateur du Service de la Carte géologique de France en 1900, Maître de Conférences à l'École Normale en 1903, il avait parcouru avant l'âge de 35 ans toutes les étapes. Il créa un enseignement de géologie et minéralogie à l'École centrale des Arts et Manufactures. Attaché à la Direction des Inventions intéressant la Défense Nationale, il collabora à l'utilisation de l'onde de choc et au repérage de l'artillerie par le son, mit à l'épreuve des combinaisons de signaux colorés secrets suggérés par ses observations au microscope polarisant, collabora à la fabrication des briques de silice indispensables aux fours métallurgiques. Élu par l'Académie dans la Section de Minéralogie le 11 juin 1945, il est mort en pleine activité le 24 février, dans sa 74^{e} année.

Souvenirs de l'ambiance scientifique et de mes premières années de recherche ne doivent pas m'entraîner à oublier l'hommage que je dois rendre à un éminent botaniste, à un ami fidèle, appelé en Sorbonne en 1909. **Pierre-Augustin-Clément Dangeard**, paysan de France, né à Ségrie, dans la Sarthe, le 23 novembre 1862, mort à Ségrie, le 10 novembre 1947, est l'exemple le plus probant de ce que la France peut attendre des plus modestes enfants de ses écoles rurales. Indépendance, audace de pensée, sacrifices d'argent et de temps pour imposer les convictions acquises au cours d'une longue carrière, restent l'héritage de fils devenus à la suite de leur père, des Professeurs éminents de nos grandes Facultés. Le Traité de *Cytologie végétale et Cytologie générale* édité en juillet dernier par Pierre Dangeard fils est digne du Confrère qui l'a inspiré.

Élève studieux à l'École primaire, puis Instituteur à la Flèche (1883), Pierre-Augustin Dangeard récolte de minuscules plantes et bêtes dans des flacons, les suit dans leur multiplication durant des mois et des années. En 1886 il est reçu Docteur ès Sciences par la Faculté des Sciences de Paris, avec le Mémoire *Recherches sur les Organismes inférieurs*, travail remarqué par le savant Édouard Bornet qui lui fait attribuer, en 1887, le Prix Desmazières.

Vingt ans plus tard, l'Académie décerne à l'unanimité le Grand Prix des Sciences physiques au Professeur de botanique de l'Université de Poitiers où P.-A. Dangeard est depuis 1891; il y reste dix-huit ans accumulant les découvertes.

Instituteur appelé, en 1883, par Morière comme préparateur de Botanique à la faculté des Sciences de Caen, il y avait trouvé un microscope, s'était familiarisé avec les sujets de ses élevages, avait constaté que beaucoup étaient mal connus ou ignorés; il n'en était pas question dans les rares ouvrages à sa portée. A ses frais, de courts séjours à Paris à la Bibliothèque du Muséum, bientôt à celle mieux choisie de Bornet, lui assurent la sympathie de son illustre tuteur; Pierre-Augustin Dangeard ne craint pas de lui prouver qu'il trouve dans ses élevages, le lien, la transition évidente des Animaux et des Végétaux. Or, à cette date, beaucoup de naturalistes étaient réfractaires à l'idée même de l'Évolution; Ernest Haeckel la proclamait évidente à grand tapage, en tirait parti pour une propagande mercantile, avec des incorrections et des conclusions qui ont survécu jusqu'à nos jours.

Pierre-Augustin Dangeard n'est pas dupe. Fort de ses observations, de ses élevages, il constate que les Organismes inférieurs sont mal classés et adopte une définition physiologique : parmi les êtres microscopiques, il y a ceux qui englobent des particules solides, les digèrent, expulsent les résidus, ce sont des animaux; sont des végétaux, les êtres, parfois très voisins par le corps et le développement, qui ne se nourrissent que d'aliments liquides ou gazeux. Cette distinction, où apparaissent le bon sens populaire et la clarté de la langue française, il l'impose par la variété des formes qu'il dessine, par les découvertes singulières qu'il annonce, toutes immédiatement contrôlées et vérifiées. Il y a de la chlorophylle, pigment vert des plantes, dans les Hydres d'eau douce, dans les *Bonnellia* de la faune marine; oui certes, mais ce sont des enclaves, des Algues capables de vie indépendante dont Dangeard réussit la culture en tubes stérilisés; elles sont des parasites, ou des symbiotes. Des symbiotes, tel un champignon dans les racines d'orchidées; Noël Bernard écrit dix ans plus tard : « Ce phénomène que je compare à la phagocytose a été, je crois, correctement interprété pour la première fois par Dangeard et Armand ». Des parasites, il en trouve dans le corps d'une *Amibe*, ce Protozoaire vorace qui vit d'Euglènes; qu'il nomme *Nucleophaga*, parce que, pourvue du noyau du parasite, l'*Amibe* n'en continue pas moins à capter des proies, les mêmes Euglènes, mais vit une nouvelle vie, miracle bouddhique; ce sont là des observations répétées, confirmées. En 1911, plus de 90 espèces nouvelles et des genres nouveaux étaient classés en 16 familles réparties selon leurs affinités, graduées en Protozoaires, en Algues, en Champignons. L'essentiel dont je parle plus loin, est l'unité de la vie, la cellule atome vivant, il en note l'infinie variété des formes, la netteté des fonctions dont il fait l'analyse délicate.

Vivante, la petite Algue *Chlorella*, commune sur le tronc des arbres et les

pierres humides, construit des écrans sur les faces de ses bocaux; P.-A. Dangeard les fait naître par des éclairages dispersés à l'aide de gros prismes, disparaître en quelques heures à l'obscurité; les plantes sont domptées, domestiquées aux ordres des radiations. On peut calculer l'efficacité de chaque longueur d'onde par le temps écoulé pour la formation d'une frange plus ou moins épaisse, plus ou moins large.

Partout il y a mouvement dès qu'il y a vie. Un Flagellé monocellulaire, *Polytoma*, se déplace à l'aide d'un cil prolongé dans le corps jusqu'à un petit nodule à la surface du noyau; c'est la copie du spermatozoïde des Métazoaires, identité de mécanisme fabriqué de pièces différentes; c'est l'esquisse de la sexualité découverte par lui jusque dans les Champignons supérieurs.

La plupart de ces études, et j'en écarte d'essentielles, le modeste préparateur de Botanique de Caen les a publiées à ses frais dans le périodique *Le Botaniste* inauguré en 1887, continué à Poitiers où Pierre-Augustin Dangeard est nommé Professeur en 1891, continué à Paris, où il est en 1909 chargé de l'Enseignement très lourd du P. C. B., continué au cours de l'occupation allemande. Le 31e volume paraît en 1942 avec un important Mémoire : *Recherches sur les modifications du protoplasme qui permettent la survie dans les cellules*, mémoire qui ne nous encourage pas à désirer l'immortalité.

M. Hyacinthe Vincent a rendu hommage à la Mémoire de **Sir Almroth Edward Wright**, Correspondant Étranger, décédé le 30 avril. Professeur éminent de l'Université, et à l'Hôpital Sainte-Marie, de Londres, il a fait de magistrales études antimicrobiennes, et, en vaccinothérapie, avec l'index opsonique comme mesure de l'immunité, a suivi chez ses malades et au Laboratoire les phénomènes d'agglutination. Membre associé étranger de l'Académie de Médecine de Paris en 1916, il fut adopté en 1918 par notre Compagnie où il avait trouvé, au cours de trente années, des amis fidèles et déférents.

Parmi nos Correspondants français, je rappelle trop brièvement les découvertes de **Henri-Pierre-Michel Vallée**, un pastorien lui aussi, Professeur de bactériologie puis Directeur de l'École Vétérinaire d'Alfort, Correspondant depuis 1935 dans la Section d'Économie rurale. Son Doyen M. E. Leclainche représenta l'Académie aux obsèques, à Dijon; ils furent collaborateurs dans la mise au point d'un sérum à la fois antimicrobien et antitoxique pour la bactérie de Chauveau.

Henri Vallée fit, de la simple addition à la culture de traces de formol, un procédé classique pour la lutte contre la fièvre aphteuse et bien d'autres épidémies; immunité locale dans la tuberculose, prévention par l'étude des réactions de la tuberculine, diagnostic histologique de la rage..., lui valent une réputation mondiale consacrée par de nombreuses missions. Né à Dijon, en 1874, successeur de Nocard en 1903, il fut pour mon frère, préparateur, un guide et

un Maître empressé. En 1933, c'est le mal implacable, un long martyre dont il est délivré par la mort le 12 mars.

Triste sort du Savant qui survit à la connaissance du mal qui le terrasse. Ce fut aussi la destinée d'**Édouard-Pierre-Léon Chatton**, biologiste éminent dont les beaux travaux sur la cinétique nucléaire complètent les découvertes de P.-A. Dangeard. Professeur de Biologie générale à Strasbourg, puis de Biologie marine à l'Université de Paris, il est distingué par la Section de Zoologie élu Correspondant en 1933, Directeur de la Station maritime de Sète, puis du Laboratoire Arago à Banyuls-sur-Mer. Travailleur infatigable, il se distingue par des études sur les Copépodes parasites, acquiert une réputation mondiale par la préparation pour la nouvelle édition encyclopédique *Brown's Tierreich* du chapitre *Protozoa*. Pastorien lui aussi, avec Charles Nicolle et Félix Mesnil, il analyse le cycle évolutif des Flagellés Péridiniens parasites; chez les Amibiens et Péridiniens, ces cellules douées d'une mobilité permanente, il analyse avec succès l'adaptation parfaite aux conditions du milieu extérieur des crises de la sexualité et de la conjugaison, en fait l'application à la cytologie générale et par là prépare les voies à la lutte contre les maladies. Il s'éteint, à 64 ans, à peine conscient, sur le chantier à Banyuls, le 23 avril.

Rassurez-vous, la Science n'est pas une alliée de la mort précoce. **Marie-Joseph-Félix-Antoine de Vanssay** de Blavous et **Émile-Auguste-Joseph De Wildeman** atteignent la 80e année, le premier, Correspondant pour la Section de Géographie et Navigation depuis 1932, le second, botaniste colonial, depuis 1939. De Vanssay, né à Caen, polytechnicien, préside de 1929 à 1947, le Comité de Direction du Bureau International Hydrographique, après avoir fait le levé des côtes de France, de Madagascar, du Cap Saint-Jacques en Cochinchine; il met au point des canevas de tir, de la photographie aérienne, de la Chronométrie, de la Géodésie, des tables de latitude, des mesures de sondage par le son, en bref toutes les études qu'un excellent marin peut aborder pour sauver la vie des navigateurs au long cours dans la moitié du globe.

Avec **E. De Wildeman** s'accumulent les travaux qui maintiendront la prospérité et l'ordre dans les peuples de l'Afrique Centrale. Pharmacien, cytologiste, physiologiste avec Léo Errera à Bruxelles, il s'adonne à la systématique, rédigeant la *Flore des Algues d'eau douce de Belgique* (1896) et prend part à l'étude des plantes inconnues de l'immense bassin du Congo; plus de 2000 espèces sont nommées, classées par ses soins et ceux de Mme E. De Wildeman et leur fille. L'association intime avec l'intrépide explorateur Auguste Chevalier en font par l'importance qu'ils accordent aux plantes utiles une autorité méritée auprès des indigènes auxquels ils donnent le meilleur de leur science

en agriculture tropicale; ils imposent l'idée fort juste de l'avenir de l'agriculture « par et pour l'indigène » et assurent ainsi la réalisation d'une collaboration parfaite de tous les membres de l'Union française en Afrique noire.

L'Académie des Sciences a montré une grande activité, visites presque hebdomadaires de Savants étrangers, délégations à des solennités étrangères, commissions spécialisées pour l'étude de problèmes angoissants par les menaces de famine, de guerre, de difficultés insurmontables pour la reconstruction, pour le ravitaillement. Je signale tout spécialement notre participation aux fêtes nationales données à l'occasion du dixième anniversaire de la mort de Lord Rutherford, auteur du modèle adopté de l'atome, esquissé par Jean Perrin, complété par l'École des Curie et Paul Langevin.

A notre dernière séance, M. Albert Caquot précise avec formules suggestives les dispositions à prendre pour limiter les désastres économiques et sociaux à la suite des deux guerres qui ont paralysé l'industrie française.

Pour votre Président, il est d'usage de faire l'esquisse de l'œuvre d'un de ses prédécesseurs qui a donné une impulsion décisive à sa discipline. Sans hésitation, son choix s'est porté sur l'œuvre de Léon Guignard, exposée (1937) avec documents originaux, préparations intactes et dessins d'une rare qualité, au Palais de la Découverte, Section de Biologie. La brochure, éditée en l'honneur de Hugo de Vries (1848-1935), aurait pu être dédiée aux botanistes Édouard Strasburger (1844-1912) et Léon Guignard (1852-1928), qui, avec notre distingué Membre associé M. Albert F. Blakeslee, forment une suite de savants hollandais, allemand, français, américain qui réalisent le plan prévu dans *Intracellular Pangenesis* (1889). En trente ans, par l'initiative des zoologistes, par les démonstrations plus rigoureuses des botanistes, la matière vivante est disséquée, maîtrisée dans ses oscillations par les équilibres qui sont les espèces, soumises aux règles de l'hérédité et au singulier processus de la sexualité qui maintiendra le type malgré l'individualité apparente.

L'unité fondamentale est la cellule dont P.-A. Dangeard montre l'infinie diversité lorsqu'elle est libre. Partout un noyau bien distinct du protoplasma, partout identité dans la structure des organes essentiels avec mobilité maintenue chez les Êtres supérieurs dans la phase sexuelle pour au moins l'un des sexes. Et P.-A. Dangeard arrive en vingt années d'effort à montrer le mécanisme de la persistance indifférente côte à côte de deux noyaux sexuels dans le cours presque entier de la vie des Champignons supérieurs. Il affirme alors que l'être vivant est doublé dans sa vie végétative, qu'il y a dans la formation de l'œuf une conjonction de deux unités, l'une active, l'autre souvent passive; telle la propagation presque indéfinie de certaines plantes vivaces dont l'équilibre est détruit par la maladie, par l'hybridation. L'espèce est le discontinu passé au crible qui n'est pas le hasard puisqu'elle existe et se propage par bulbes, par

tubercules durant des siècles et à la surface du Globe. Ce sont des individualités stériles où l'hérédité est toujours marquée, de ces micelles orientés, déclare récemment Jacques Duclaux, comme s'ils étaient soumis à quelque aimant au cours de la croissance; au cours de la ségrégation des sexes, des frottements entraînent la mort; très rares, sont les conjonctions qui aboutissent à des équilibres nouveaux, les mutantes qui gardent la livrée, de l'espèce ou du genre.

Léon Guignard fut le Langevin des Biologistes. Chimiste et Pharmacien il est armé pour suivre les combinaisons et les dissociations, les ferments et les microbes; il est l'ennemi des recettes; animaux et végétaux obéissent aux mêmes lois, celles de la cellule qui possède, dès l'œuf, l'édifice moléculaire au complet.

Ses analyses de la fécondation des Légumineuses, des Orchidées, des Cryptogames vasculaires, et le jeu uniforme pour les êtres vivants de la Sexualité, malgré la diversité des embryons et des adultes, lui font deviner que tout est en place dans l'œuf, point de départ de l'individualité. Ses découvertes sont classiques dès leur énoncé parce que le reflet du bon sens exprimé dans une langue impeccable et sobre. J'insisterai peu ici sur la découverte capitale de la double fécondation des Plantes à fleurs par lesquelles il sépare les Gymnospermes des Phanérogames pour examiner ses dessins de la mécanique cellulaire dans les traits communs à l'animal et au végétal qu'il précise magistralement.

Sur des points litigieux durant quinze années, il fit l'accord des zoologistes éminents Flemming et Van Beneden, des botanistes E. Strasburger et des cytologistes de langue anglaise. Sa technique est le dessin et des fixations délicates, si solides qu'après un demi-siècle écoulé elles conservent leur valeur démonstrative. Ce qui le frappe, en 1880, c'est la présence de plusieurs noyaux dans des cellules de transition destinées à une mort précoce; en 1881, la présence constante d'un noyau écrasé, déformé par la pression des cristaux, des résines dans les cellules des tissus sécréteurs, alors classés, comme ceux du bois, dans les tissus morts. Il démontre l'absence de fusion de noyaux au cours de la différenciation des sacs embryonnaires, affirmant pour éviter des confusions, que le vrai sac était la *cellule subapicale*. Dès le début, généralisation et précision dans les mots, démonstration inattaquable pour une famille hétérogène, les Légumineuses : « Quelles que soient les différences observées, ... c'est l'inférieure seule de la rangée axile du nucelle qui est la véritable cellule mère du sac embryonnaire, » affirmation audacieuse d'un débutant aide-Naturaliste au Museum, écartant les suggestions de grands Maîtres, Warming, Vesque, lesquels d'ailleurs l'approuvent. Il en précise la portée générale par le titre même de sa Thèse de Doctorat : *Recherches d'Embryogénie végétale comparée* (1882).

En septembre 1883, dans une Note à l'Académie, il n'hésite pas à critiquer

la différence admise par Flemming, par Strasburger, quant au mode de division des noyaux, qu'il s'agisse d'animaux ou de végétaux. Le beau Mémoire publié en 1884, dans les *Annales des Sciences naturelles*, le consacrent botaniste; il est reconnu tel par les autorités qui lui confient l'enseignement de la Faculté des Sciences de Lyon avec la Direction des Services, Herbier et Serres, du Parc de la Tête d'Or. En 1887, il est appelé à Paris, à l'École supérieure de Pharmacie, où, devenu Directeur, il obtient la métamorphose de cette brillante Institution en Faculté de l'Université de Paris.

J'insiste sur un point : l'essentiel des découvertes de Léon Guignard, comme l'essentiel de l'œuvre de P.-A. Dangeard, est acquis en moins de dix années de travail de débutant; c'est le cas de Perrin et Langevin, de Dangeard et Guignard, et ce rapprochement me donne l'impression, peut-être illusion, que ces deux équipes françaises analysent en réalité, à la même heure, le même problème. La décision sera donnée par M. Louis de Broglie avec l'exposé de la Mécanique ondulatoire : intervention du discontinu et de l'indépendant moléculaire à la base des phénomènes continus en apparence et alors soumis aux lois classiques de la mécanique newtonienne.

Que constate Guignard dans ses débuts (1883). Le noyau est visible dans un cytoplasme transparent, gonflé par un hyaloplasme disposé en filament ou en réseau dans lequel sont englobées des granulations formées d'une substance chromatique, laquelle est elle-même composée de nucléine; il peut y ajouter au repos un ou plusieurs nucléoles contenant aussi de la chromatine. Mais la cellule est en vie, en mouvement avant de se diviser, contraction du filament chromatique, segmentation transversale en chromosomes où Flemming a vu une double série de granulations qui restent en position parallèle, tandis que cytoplasme et hyaloplasme se confondent et dessinent un fuseau formé de fils chromatiques disposant les chromosomes en étoile (Flemming), en plaque (Strasburger). Arrive le dédoublement de la plaque en deux disques qui sont transportés sur les fils chromatiques aux deux pôles pour former les noyaux fils où se reconstituent les membranes nucléaires et à l'intérieur les filaments continus pelotonnés. Guignard affirme le 18 septembre 1883 à l'Académie des Sciences que la plaque ou l'étoile nucléaire se dédouble par la *séparation suivant la longueur* des segments ou bâtonnets observés dans les mouvements précédents. Dans les cellules mères polliniques, la plaque nucléaire une fois formée, les deux moitiés chromatiques se séparent sur une partie plus ou moins grande de leur longueur, souvent elles se tordent l'une sur l'autre. Avec des réactifs appropriés et des moyens optiques assez forts, il voit chez plusieurs Liciacées le dédoublement commencer par les granulations chromatiques sans porter tout de suite sur l'hyaloplasme du filament; même constatation de deux segments, aplatis en rubans, plus ou moins soudés dans la restauration des noyaux fils avec réapparition des nucléoles résorbés avant la division des plaques et, au cours de cette réapparition, coloration accusée des granulations

et des chromosomes dans les noyaux fils. Ces métamorphoses, cette suite de manœuvres, Léon Guignard les constate dans le Gui, comme dans le *Tradescantia*, dans les noyaux vivants, non fixés.

Les faits sont probants, admis, confirmés, généralisés; l'hérédité est transmise par l'addition de deux cellules sexuées à noyaux réduits à des moitiés de chromosomes; dans les cellules végétatives le nombre des chromosomes est double. Cette mécanique est la règle pour l'ensemble des Animaux et des Végétaux; la Génétique est créée sur ces données qui permettent la généralisation des lois de Mendel mises à jour et exposées en 1899, à notre Académie avec la contribution de Léon Guignard, par Hugo de Vries. J'ai publié (1) la lettre de l'auteur de la *Mutationthéorie* qui écrit à Guignard au sujet de la découverte des deux spermatozoïdes du tube pollinique et de la fécondation de l'albumen ! « C'est ce qu'il y a de plus beau et de plus inattendu dans notre Science », hommage mérité d'un Collègue dont la réputation était mondiale.

Il y a plus dans l'œuvre de Léon Guignard adolescent. Je ne l'ai découvert qu'en 1927, dans les conversations que j'eus avec lui en préparant mon séjour d'un an au Japon (1928); il désirait me présenter au savant Seitiro Ikenô, qui, avec le jardinier Hirase, avaient découvert, trente ans auparavant, à la loupe, des fécondations au ralenti du Gingko et du Cycas. Léon Guignard leur attribuait la confiance absolue qu'il avait acquise en la portée générale de la double fécondation chez les plantes à fleurs, en raison de la vitesse des mouvements de décrochage, de migration, de réorganisation des cellules-filles après les manœuvres des noyaux des plantes à fleurs; ils étaient au ralenti et compliqués de proembryons chez les Gymnospermes mimant les Fougères. Guignard me rappelle ses observations de 1882 à 1900 sur l'amphiaster, disposition du protoplasme cellulaire, deux soleils apparaissant d'abord aux pôles du fuseau futur; rarement visibles dans les cellules végétales, ils se laissent facilement observer chez les Animaux, et Guignard les suit dans les cellules du Lis, très riches en protoplasme, avec fuseau nucléaire très long, un des plus réguliers et des plus typiques qu'on puisse voir; fixés au bichlorure de mercure, puis colorés, leurs positions, leurs migrations prouvent « que le protoplasme gouverne le phénomène ». Cette constatation est annoncée le 25 juillet 1884 à la Société botanique de France.

Elle est reprise et développée sous le titre *Sphères directrices* en 1891. Selon le mode bien connu dans l'œuf animal et dans les jeunes tissus, le centrosome à figure radiaire, après fixation, se dédouble avant les premières phases de la division en sphères directrices qui deviennent le centre des « asters », cheminent et se fixent aux deux pôles du fuseau. De longues recherches, souvent vaines, permettent à Léon Guignard de les mettre en évidence durant l'état de

---

(1) *Hérédité, Mutation et Évolution* (*Palais de la Découverte*, et Masson et Cie, Paris, 1937, p. 1).

repos complet dans les sporanges de Prêles, de Fougères, dans les cellules-mères des pollens de Liliacées, de Najas, dans des sacs embryonnaires, dans les albumens et les tissus végétatifs. Les stries radiaires n'apparaissent qu'au moment où le noyau va entrer en division; les stries cytoplasmiques s'avancent alors de ces points vers le noyau encore pourvu de son enveloppe, laquelle disparaît bientôt, et d'abord au voisinage des sphères d'où partent les filets chromatiques plus visibles; partout le fuseau tire son origine du protoplasme. Dans les divisions nucléaires anormales, trois ou quatre sphères peuvent agir sur un même noyau et provoquer l'apparition d'un fuseau multipolaire, auquel succède la formation de trois ou quatre noyaux fils. Toutes ces observations sont contrôlées, confirmées au Laboratoire même de Strasburger (1894). Très apparents chez les Diatomées (Lautherborn, 1896), ils miment, par la disposition des fibrilles parallèles, les mitoses des Métazoaires.

L'appareil *cinétide* conçu par E. Chatton (1924), dans sa description des connexions des Protozoaires Flagellés, devient pour le même auteur un schéma de l'énergie cellulaire caractéristique du genre. Bien plus, cet outil de l'espèce est le résultat de l'agencement de corpuscules de même nature qui ne diffèrent que par leur situation, présents tant dans le noyau que dans le protoplasme; c'est l'appareil moteur monté, défini par le succès même de la mise en marche normale ou de la mutation qui a présidé à sa naissance. Alors l'usage répété le rode, le perfectionne, en fait un trait caractéristique et spécifique ayant son régime inscrit par l'ajustement parallèle d'une ou quelques granulations dans la file double des granulations d'un ou de plusieurs chromosomes.

L'avenir est à vous, Messieurs les lauréats, pour compléter une démonstration grossière, certes, mais vérifiable jusque dans les détails par la masse et par la viscosité des particules. Elles suivent, mais dans espace et temps différents, les lois mêmes qui régissent ces assemblages atomiques merveilleux imaginés par l'élite des physiciens, des mathématiciens et des chimistes au cours de ce demi-siècle écoulé. Henri Becquerel signale la radioactivité de l'uranium, les Curie concentrent le radium, en tirent le polonium, en analysent les déséquilibres qui, comme la lumière, sont régis par les ondes électriques; ce qui était calme devient mouvement à l'échelle qu'ils construisent. Il n'y a plus alors qu'alternances de repos et de mouvement entre les bombardements de corpuscules; les désordres browniens, interprétés par Jean Perrin, font, par contraste, de l'atome une réalité. Paul Langevin met en croquis ces évolutions, en distingue les phases avec précision, les traduit par des symboles mathématiques qui montrent la portée générale des hypothèses et des corollaires.

Tout est mouvement chez l'être vivant; Jacques Duclaux nous fait remarquer (1) qu'il fait coordonner les déplacements dans un même sens et le biologiste

(1) *Comptes rendus*, 30 juin 1947.

déclare que si la synchronisation ne se réalise qu'imparfaitement la disparition de la lignée mutante est fatale. C'est la raison même de l'existence des espèces. Duclaux ajoute « On peut se demander aussi si la coordination ne peut pas rendre compte de l'anomalie de l'assimilation chlorophyllienne où la quantité de rayonnement remplace la qualité » les expériences de P.-A. Dangeard sont décisives; les énormes groupements de gros ions de l'algue *Chlorella* obéissent aux commandements des radiations, sans système nerveux.

E. Rutherford distingue nettement le noyau et la zone corticale dans le magnéton; il y a organisation, et depuis tous les termes employés sont empruntés à la description des êtres vivants; groupes, étages de Bohr, permettent de classer les différents atomes. Louis de Broglie et A. Dauvillier (1924) multiplient les sous-étages, et je lis dans le *Journal de Physique et Le Radium* de janvier-février 1925 (*Revue bibliographique*), les mots structure (atomique), famille des gaz et affinités, transmutation du mercure en or, filiation entre le thorium et l'uranium, pseudomorphoses, réactivité au lieu de reviviscence, dégénérescence des gaz, sélection, pulsation, qui est le passage de l'électron d'une orbite à une autre, absorption opposée à dispersion. Cette communauté de termes suggère que la vie des atomes provoquera de sérieuses découvertes dans le domaine de la biologie.

L'unité de la Science dans l'interprétation de la Nature montre la voie à suivre dans les périodes d'évolution; prendre comme règle de l'équilibre des peuples l'ajustement précis des sécurités acquises au cours des siècles, admettre les mutations, mais en faire méthodiquement le rodage pour qu'elles trouvent place et service.

Je donne la parole à Monsieur le Vice-Président pour la lecture des prix et subventions.

PRIX ET SUBVENTIONS ATTRIBUÉS EN 1947.

MATHÉMATIQUES.

Commissaires : MM. J. Hadamard, É. Borel, É. Cartan, H. Villat, L. de Broglie, G. Julia, J. Chazy, P. Montel, A. Denjoy, J. Pérès.

PRIX CARRIÈRE (6.000fr). — Le prix est décerné à feu **René Gosse**, doyen de la Faculté des sciences de Grenoble, assassiné par les miliciens, pour l'ensemble de son œuvre mathématique. *Rapporteur :* M. É. Cartan.

PRIX VICTOR THÉBAULT (3.000fr). — Le prix est décerné à M. **Gaston Benneton**, professeur au lycée Carnot, pour ses travaux sur les applications géométriques des quaternions. *Rapporteur :* M. P. Montel.

PRIX LEONARD EUGENE DICKSON (4.000fr). — Le prix est décerné à M. **Charles Pisot**, maître de conférences à la Faculté des sciences de Bordeaux, pour ses travaux sur la théorie des nombres. *Rapporteur :* M. P. Montel.

MÉCANIQUE.

Commissaires : MM. É. Borel, J. Drach, A. de Gramont, É. Cartan, H. Villat, L. de Broglie, A. Caquot, J. Pérès, E. Vessiot, H. Béghin.

PRIX MONTYON (6.000fr). — Le prix est décerné à M. **Jean-Albert Grégoire**, ingénieur-conseil, pour ses travaux sur le perfectionnement de la suspension des automobiles. *Rapporteur :* M. A. de Gramont.

PRIX HENRI DE PARVILLE (6.000fr). — Le prix est décerné à M. **Joseph Kampé de Fériet**, professeur à la Faculté des sciences de Lille, pour ses travaux sur la théorie de la turbulence. *Rapporteur :* M. H. Villat.

FONDATION HENRY BAZIN (5.000fr). — Un prix est décerné à M. **André Fortier**, professeur à la Faculté des sciences de Paris, pour ses travaux sur les fluctuations de pression dans les conduites. *Rapporteur :* M. H. Villat.

ASTRONOMIE.

Commissaires : MM. H. Deslandres, A. Cotton, E. Esclangon, Ch. Maurain, L. de Broglie, G. Fayet, L. Picart, J. Chazy, P. Montel, B. Lyot.

PRIX DAMOISEAU (6.000fr). — Le prix est décerné à M. **Nicolas Stoyko**, astronome titulaire de l'Observatoire de Paris, pour ses travaux d'astronomie théorique et de chronométrie. *Rapporteur :* M. E. Esclangon.

PRIX ANCEL (3.000fr). — Le prix est décerné à M. **Charles Fehrenbach**, astronome à l'Observatoire de Strasbourg, sous-directeur de l'Observatoire de Haute-Provence à Saint-Michel (Basses-Alpes), pour ses travaux d'astronomie physique. *Rapporteur :* M. E. Esclangon.

GEOGRAPHIE.

Commissaires : MM. A. Lacroix, Ch. Maurain, J. Tilho, L. de Broglie, G. Durand-Viel, Ch. Pérez, A. Chevalier, É.-G. Barrillon, E. de Martonne, D. Cot, G. Poivilliers.

PRIX GAY (3.000^{fr}).— Le prix est décerné à M. **Robert Capot-Rey**, professeur à l'Université d'Alger, pour ses travaux sur le Sahara et la fondation de l'Institut d'études sahariennes d'Alger. *Rap porteur :* M. E. DE MARTONNE.

FONDATION TCHIHATCHEF (5.000^{fr}). — Un prix est décerné à M. **Charles Robequain**, professeur à la Faculté des lettres de Paris, pour ses travaux sur l'Indochine et le monde malais. *Rapporteur :* M. E. DE MARTONNE.

PRIX BINOUX. — Deux prix de 4.000^{fr} sont décernés :

— à M. **Henri Baulig**, professeur à la Faculté des lettres de Strasbourg, pour l'ensemble de ses travaux de géographie physique. *Rapporteur :* M. E. DE MARTONNE.

— à M. **Charles Villain**, ingénieur hydrographe de la marine, pour ses travaux sur les marées. *Rapporteur :* M. D. COT.

NAVIGATION.

Commissaires : MM. É. Borel, M. de Broglie, J. Drach, H. Villat, J. Tilho, L. de Broglie, G. Julia, A. Caquot, G. Durand-Viel, É.-G. Barrillon, J. Pérès, E. de Martonne, E. Vessiot, H. Béghin, D. Cot, G. Poivilliers.

PRIX PLUMEY. — Deux prix de 10.000^{fr} sont décernés :

— à M. **Henri Gutton**, ingénieur à la Compagnie générale de Télégraphie sans fil, pour ses travaux en vue de l'application des ondes électromagnétiques à la navigation. *Rapporteur :* M. G. DURAND-VIEL.

— à M. **Yvon Bonnard**, ingénieur en chef de la marine, pour ses études sur les machines à vapeur et les chaudières marines. *Rapporteur :* M. É.-G. BARRILLON.

PHYSIQUE.

Commissaires : MM. M. Brillouin, A. Cotton, M. de Broglie, Ch. Maurain, A. de Gramont, L. de Broglie, Ch. Mauguin, C. Gutton, F. Joliot, J. Becquerel, J. Cabannes.

PRIX HENRI DE PARVILLE (6.000^{fr}). — Le prix est décerné à M. **Henri Gondet**, directeur des Laboratoires de Bellevue du Centre national de la recherche scientifique, pour ses recherches en vue de doter les laboratoires de physique des appareils qui leur sont nécessaires. *Rapporteur :* M. C. GUTTON.

PRIX HUGHES (5.000^{fr}). — Le prix est décerné à M. **Pierre Savel**, sous-directeur de laboratoire au Collège de France, pour ses travaux de physique nucléaire. *Rapporteur :* M. F. JOLIOT.

PRIX PIERSON-PERRIN (14.000^{fr}). — Le prix est décerné à M. **Marcel Pauthenier**, professeur à la Faculté des sciences de Paris, pour ses recherches sur l'électricité. *Rapporteur :* M. A. COTTON.

FONDATION CLÉMENT-FÉLIX (3.000^{fr}). — Un prix est décerné à M. **Paul Chanson**, docteur ès sciences, pour ses recherches théoriques et expérimentales d'optique électronique. *Rapporteur :* M. DE BROGLIE.

CHIMIE.

Commissaires : MM. A. Lacroix, G. Bertrand, M. Delépine, R. Fosse, M. Javillier, P. Lebeau, J. Duclaux, P. Jolibois, P. Pascal.

PRIX MONTYON DES ARTS INSALUBRES (6.000fr). — Le prix est décerné à feu **Raymond Berr**, ingénieur des mines, directeur général aux Établissements Kuhlmann, mort victime des Allemands, pour ses travaux de chimie. *Rapporteur :* M. P. Jolibois.

PRIX JECKER. — Deux prix de 5.000fr sont décernés pour des travaux de chimie organique :
— à M. **Paul Cordier**, professeur à la Faculté de pharmacie de Strasbourg ;
— à M. **Joseph Wiemann**, professeur à la Faculté des sciences de Lille.
Rapporteur : M. M. Delépine.

FONDATION CAHOURS (3.600fr). — Les arrérages de la fondation sont attribués à M. **Jean Besson**, assistant à la Faculté des sciences de Paris, pour ses travaux sur les composés du nickel. *Rapporteur :* M. P. Jolibois.

PRIX ÉMILE JUNGFLEISCH (50.000 fr). — Le prix est décerné à M. **Georges Darzens**, professeur à l'École polytechnique, pour ses travaux de synthèse organique. *Rapporteur :* M. M. Delépine.

FONDATION CHARLES-ADAM GIRARD (3.000fr). — Les arrérages de la fondation sont attribués à M. **Jean-Félix Grégoire**, ingénieur-chimiste, pour l'ensemble de ses travaux sur les acides nucléiques. *Rapporteur :* M. M. Javillier.

MINÉRALOGIE ET GÉOLOGIE.

Commissaires : MM. A. Lacroix, A. Cotton, M. Caullery, Ch. Jacob, Ch. Pérez, Ch. Mauguin, F. Grandjean, E. de Margerie, A. Michel-Lévy.

PRIX FONTANNES (3.000fr). — Le prix est décerné à M. **Marcel Thoral**, professeur à la Faculté des sciences de Lyon, pour ses travaux de paléontologie de la Montagne Noire. *Rapporteur :* M. Ch. Jacob.

PRIX ANDRÉ-C. BONNET (4.000fr). — Le prix est décerné à M. **Georges Deflandre**, directeur à l'Ecole pratique des hautes-études, pour ses travaux de micropaléontologie. *Rapporteur :* M. M. Caullery.

PRIX CARRIÈRE (6.000fr). — Le prix est décerné à M. **Léon Capdecomme**, professeur à la Faculté des sciences de Toulouse, pour ses travaux d'optique des minéraux opaques. *Rapporteur :* M. Ch. Mauguin.

BOTANIQUE.

Commissaires : MM. A. Lacroix, P.-A. Dangeard, G. Bertrand, L. Blaringhem, Ch. Pérez, A. Chevalier, E. de Martonne, R. Souèges, J. Magrou, R. Heim.

PRIX MONTAGNE (5.000fr). — Le prix est décerné à M. **Léon Roger**, ingénieur agronome, pour ses travaux de cryptogamie et de phytopathologie relatifs aux maladies parasitaires des plantes cultivées de l'Indochine. *Rapporteur :* M. R. Heim.

PRIX CARRIÈRE (6.000 fr). — Le prix est décerné à feu **Lucien Beille**, professeur à la Faculté de médecine et de pharmacie de Bordeaux, pour ses recherches sur les plantes pharmaceutiques et coloniales. *Rapporteur :* M. A. Chevalier.

ÉCONOMIE RURALE.

Commissaires : MM. A. Lacroix, E. Leclainche, G. Bertrand, L. Blaringhem, L. Lapicque, R. Fosse, É. Schribaux, M. Javillier, A. Chevalier, A. Demolon.

PRIX PAUL MARGUERITE DE LA CHARLONIE. — Deux prix de 15.000fr sont décernés :

— à M. **Charles Brioux**, directeur honoraire de la station agronomique de Rouen, pour ses diverses études concernant les sols, les engrais, le colza et le lin, les aliments concentrés du bétail.

— à M. **Henri Burgevin**, directeur honoraire de la station d'agronomie du centre de Versailles, pour ses recherches sur les bases rationnelles de la fumure, sur certaines propriétés physiques des terres.

Rapporteur : M. É. Schribaux.

PRIX NICOLAS ZVORIKINE (4.000fr). — Le prix est décerné à M. **Maurice Marcel**, professeur à l'École nationale d'horticulture, pour ses études d'horticulture pratique. *Rapporteur :* M. É. Schribaux.

ANATOMIE ET ZOOLOGIE.

Commissaires : MM. A. Lacroix, H. Vincent, M. Caullery, L. Cuénot, Ch. Pérez, P. Portier, É. Roubaud, P. Wintrebert, L. Fage, R. Courrier.

PRIX CUVIER (4.000fr). — Le prix est décerné à M. **Jacques Benoit**, professeur à la Faculté de médecine de Strasbourg, pour l'ensemble de ses travaux d'embryologie animale. *Rapporteur :* M. R. Courrier.

FONDATION SAVIGNY (3.000fr). — Un prix est décerné à Mlle **Maryvonne Hamon**, assistante à la Faculté des sciences d'Alger, pour ses recherches sur les spermatophores. *Rapporteur :* M. R. Courrier.

PRIX JEAN THORE (3.000fr). — Le prix est décerné à M. **Robert Hardouin**, chargé de recherches au Centre national de la recherche scientifique, pour son ouvrage sur *La vie des abeilles solitaires*. *Rapporteur :* M. É. Roubaud.

PRIX POUCHARD. — Deux prix de 3.000fr sont décernés :

— à M. **Paul Pesson**, professeur à l'Institut national agronomique, pour ses travaux sur les Coccidés. *Rapporteur :* M. E. Roubaud.

— à M. **Max Vachon**, assistant au Muséum national d'histoire naturelle, pour ses recherches de biologie animale. *Rapporteur :* M. M. Caullery.

ANTHROPOLOGIE.

Commissaires : MM. A. Lacroix, H. Vincent, M. Caullery, L. Blaringhem, L. Lapicque, Ch. Pérez, L. Fage, R. Courrier.

PRIX ANDRÉ-C. BONNET (4.000fr). — Le prix est décerné à M. **Pierre Huard**, professeur à la Faculté de médecine d'Hanoï, pour l'ensemble de ses travaux sur l'anthropologie de l'Indochine. *Rapporteur :* M. L. Fage.

MÉDECINE ET CHIRURGIE.

Commissaires : MM. A. Lacroix, E. Leclainche, H. Vincent, L. Lapicque, Ch. Pérez, P. Portier, E. Sergent, G. Roussy, L. Binet, Ch. Laubry, H. Hartmann, R. Leriche.

PRIX MONTYON. — Une médaille de vermeil est attribuée à titre de prix exceptionnel à M. **Costantino Gorini**, correspondant de l'Académie des sciences, pour l'ensemble de son œuvre de microbiologie lactique.

Trois prix de 6.000^{fr} sont décernés :

— à M. **Albert Delaunay**, chef de laboratoire à l'Institut Pasteur de Garches, pour ses recherches sur l'immunité. *Rapporteur :* M. L. Binet.

— à M. **Pierre Mallet-Guy**, professeur à la Faculté de médecine de Lyon, pour ses ouvrages intitulés : *Le traitement chirurgical de l'hyperinsulinisme. Pancréatites chroniques gauches. Pancréatites chroniques avec ictère. Rapporteur :* M. R. Leriche.

— à M. **Georges Morin**, professeur à la Faculté de médecine de Marseille, pour son ouvrage intitulé : *Physiologie du travail humain. Rapporteur :* M. L. Binet.

PRIX BARBIER (5.000^{fr}). — Le prix est décerné à M. **Sven Schmidt**, chef de service à l'Institut sérologique de l'État danois, pour ses découvertes sur la fixation des toxines et des ultravirus sur des substances adsorbantes qui l'ont conduit à la préparation de vaccins, comme celui de la peste aviaire et de la fièvre aphteuse. *Rapporteur :* M. E. Leclainche.

PRIX BRÉANT. — Un prix de 20.000^{fr} est décerné à M. **Paul Perrin**, professeur à l'École de médecine de Nantes, pour ses travaux et sa propagande contre l'alcoolisme. *Rapporteur :* M. H. Vincent.

PRIX CHAUSSIER (16.000^{fr}). — Le prix est décerné à M. **Camille Simonin**, professeur à la Faculté de médecine de Strasbourg, pour son traité de *Médecine légale judiciaire. Rapporteur :* M. Ch. Laubry.

PRIX BELLION (4.000^{fr}). — Le prix est décerné à M. **Paul Nicaud**, médecin-chef de service à l'Hôtel-Dieu, pour son ouvrage intitulé : *La périartérite noueuse. Maladie de Kussmaul. Rapporteur :* M. R. Laubry.

PRIX ARGUT (3.000^{fr}). — Le prix est décerné à MM. **Maurice Cahuzac**, ex-chargé de cours à la Faculté de médecine de Toulouse, et **François Jung**, interne des hôpitaux de Toulouse, pour leur ouvrage intitulé : *Le syndrome de Volkmann. Étude pathogénique et thérapeutique. Rapporteur :* M. L. Leriche.

PRIX JEAN DAGNAN-BOUVERET. — Deux prix de 5.000^{fr} sont décernés :

— à MM. **Paul Cossa**, neurologiste, **Eugène Le Cocq**, électroradiologiste, **Jean-Paul Grinda**, chirurgien des hôpitaux de Nice, et **Henri Bougeant**, médecin de la clinique Saint-Luc à Nice, pour leur ouvrage intitulé : *Thérapeutique neurologique et psychiatrique. Rapporteur :* M. G. Roussy.

— à M. **Ion Pavel**, maître de conférences à la Faculté de médecine de Bucarest, pour son ouvrage intitulé : *Le diabète. Rapporteur :* M. L. Binet.

CANCER ET TUBERCULOSE.

Commissaires MM. A. Lacroix, H. Vincent, M. Caullery, L. Lapicque, E. Sergent, G. Roussy, J. Jolly, L. Binet.

PRIX BARIOT-FAYNOT. — Trois prix de 20.000^{fr} sont décernés,

— à M. **Camille Guérin**, chef de service à l'Institut Pasteur, pour ses recherches sur la prémunition contre la tuberculose à l'aide de la vaccination par le B. C. G., par des voies diverses ;

— à M. **Antoine Lacassagne**, professeur au Collège de France, pour ses recherches d'hormonothérapie antagoniste dans le traitement du cancer;

— à M. **Charles Oberling**, docteur en médecine, directeur de recherches au Centre national de la recherche scientifique, pour ses expériences sur l'action cancérigène du benzopyrène, en particulier sur les tumeurs hépatiques et sur les tumeurs hypophysaires observées dans ces conditions. *Rapporteur :* M. L. BINET.

PRIX EUGÈNE ET AMÉLIE DUPUIS (7.000fr). — Le prix est décerné à M. **François d'Allaines**, professeur agrégé à la Faculté de médecine de Paris, pour ses travaux sur le traitement chirurgical du cancer du rectum. *Rapporteur :* M. L. BINET.

PHYSIOLOGIE.

Commissaires : MM. A. Lacroix, H. Vincent, M. Caullery, L. Lapicque, Ch. Pérez, P. Portier, J. Jolly, L. Binet.

PRIX MONTYON (6.000fr). — Le prix est décerné à MM. **Raoul Lecoq**, pharmacien-chef et directeur du laboratoire de l'Hôpital de Saint-Germain-en-Laye, **Paul Chauchard**, directeur-adjoint du laboratoire de neurophysiologie à l'École des hautes-études, et Mme **Louis Mazoué**, née **Henriette Giry**, directeur à l'École pratique des hautes-études, pour leurs recherches sur les troubles de l'excitabilité neuro-musculaire au cours des déséquilibres alimentaires et des avitaminoses. *Rapporteur :* M. L. LAPICQUE.

PRIX PHILIPEAUX (3.000fr). — Le prix est décerné à M. **Maurice-Vital Strumza**, assistant à la Faculté de médecine de Paris, pour ses recherches sur la ventilation pulmonaire du chien chloralosé. *Rapporteur :* M. L. BINET.

PRIX FANNY EMDEN (5.600fr). — Le prix est décerné à feu **Paul Reiss**, professeur agrégé à la Faculté de médecine de Strasbourg, pour ses recherches de physique biologique, particulièrement sur le potentiel d'oxydo-réduction. *Rapporteur :* M. L. LAPICQUE.

STATISTIQUE.

Commissaires : MM. A. Lacroix, É. Borel, L. Blaringhem, J. Drach, Ch. Maurain, É. Cartan, L. de Broglie, J. Chazy, P. Montel.

PRIX MONTYON (6.000fr). — Le prix est décerné à M. **Daniel Dugué**, professeur à la Faculté des sciences d'Alger, pour ses travaux de calcul des probabilités. *Rapporteur :* M. É. BOREL.

HISTOIRE ET PHILOSOPHIE DES SCIENCES.

Commissaires : MM. A. Lacroix, É. Borel, M. Caullery, M. Delépine, H. Villat, L. de Broglie, Ch. Pérez, J. Chazy, P. Montel.

PRIX BINOUX (8.000fr). — Le prix est décerné à M. **Jean Daujat**, docteur ès lettres, pour ses ouvrages intitulés : *L'œuvre de l'intelligence en physique* et *Origines et formation de la théorie des phénomènes électriques et magnétiques*. *Rapporteur :* M. L. DE BROGLIE.

OUVRAGES DE SCIENCES.

Commissaires : MM. L. Blaringhem, H. Villat, A. Lacroix, L. de Broglie, É. Borel, H. Vincent, M. de Broglie.

PRIX HENRI DE PARVILLE (6.000fr). — Le prix est décerné à M. **Ulysse Filippi**, professeur au Lycée Saint-Charles, à Marseille, pour son ouvrage sur la *Connaissance du monde physique*. *Rapporteur :* M. L. DE BROGLIE.

MÉDAILLES.

Commissaires : MM. L. Blaringhem, H. Villat, A. Lacroix, L. de Broglie.

MÉDAILLE BERTHELOT. — La médaille est décernée :
— à feu **Raymond Berr**, lauréat du prix Montyon des arts insalubres ;
— à MM. **Paul Cordier** et **Joseph Wiemann**, lauréats du prix Jecker.

PRIX GÉNÉRAUX.

PRIX FONDÉ PAR L'ÉTAT : **Grand prix des Sciences physiques** (10.000^{fr}). — Commissaires : MM. A. Lacroix, P.-A. Dangeard, M. Caullery, L. Blaringhem, R. Fosse, Ch. Pérez, A. Chevalier, L. Binet.

Le prix est décerné à M. **Henri Hermann**, professeur à la Faculté de médecine de Lyon, pour ses travaux de physiologie sur le système nerveux central et périphérique. *Rapporteur :* M. L. Binet.

PRIX BORDIN (**Sciences mathématiques**) (8.000^{fr}). — Commissaires : MM. É. Borel, A. Cotton, Ch. Maurain, E. Cartan, H. Villat, L. de Broglie, G. Julia, P. Montel.

Le prix est décerné à M. **René Lagrange**, professeur à la Faculté des sciences de Dijon, pour l'ensemble de ses travaux de géométrie. *Rapporteur :* M. É. Cartan.

PRIX LALLEMAND (5.000^{fr}). — Commissaires : MM. A. Lacroix, H. Vincent, M. Caullery, L. Lapicque, Ch. Pérez, P. Portier, L. Binet, R. Leriche.

Le prix est décerné à M. **Jean Delay**, professeur agrégé à la Faculté de médecine de Paris, pour son ouvrage intitulé : *L'électro-choc et la psycho-physiologie*. *Rapporteur :* M. R. Leriche.

PRIX SERRES (10.000^{fr}). — Commissaires : MM. A. Lacroix, E. Leclainche, H. Vincent, M. Caullery, L. Lapicque, Ch. Pérez, P. Portier, E. Roubaud, L. Binet, R. Souèges.

Le prix est décerné à M. **Emmanuel Fauré-Frémiet**, professeur au Collège de France, pour l'ensemble de ses travaux de biologie. *Rapporteur :* M. M. Caullery.

PRIX D'AUMALE (5.000^{fr}). — Commissaires : MM. L. Blaringhem, H. Villat, A. Lacroix, L. de Broglie, É. Borel, G. Bertrand.

Le prix est décerné à M^{me} V^{ve} **Maurice Lambrey**, née **Jeanne Gay**, pour la publication de l'ouvrage posthume de son mari intitulé : *Radiotechnique générale*. *Rapporteur :* M. L. de Broglie.

PRIX PETIT D'ORMOY (**Sciences mathématiques**) (50.000^{fr}). — Commissaires : MM. É. Borel, J. Drach, E. Cartan, H. Villat, L. de Broglie, G. Julia, P. Montel, J. Pérès.

Le prix est décerné à M. **Henri Cartan**, professeur à la Faculté des sciences de Paris, pour l'ensemble de ses travaux de mathématiques. *Rapporteur :* M. G. Julia.

PRIX SAINTOUR (**Sciences mathématiques**) (5.000^{fr}). — Commissaires : MM. É. Borel, A. Cotton, Ch. Maurain, E. Cartan, H. Villat, L. de Broglie, P. Montel, É.-G. Barrillon.

Le prix est décerné à M. **Hubert Delange**, professeur à la Faculté des sciences de Clermont-Ferrand, pour ses travaux d'analyse mathématique. *Rapporteur :* M. P. Montel.

PRIX LONCHAMPT (6.500^{fr}). — Commissaires : MM. A. Lacroix, E. Leclainche, G. Bertrand, M. Caullery, M. Delépine, M. Javillier, A. Chevalier, L. Binet.

Le prix est décerné à M. **Fernand Caujolle**, professeur à la Faculté de médecine et de pharmacie de Toulouse, pour ses travaux sur le nickel et le cobalt en chimie physiologique. *Rapporteur :* M. M. Javillier.

PRIX HENRY WILDE (5.600^{fr}). — Commissaires : MM. H. Deslandres, A. Lacroix, É. Borel, G. Bertrand, A. Cotton, E. Esclangon, M. Delépine, A. de Gramont, L. de Broglie.

Le prix est décerné à feu **Gilbert Rougier**, directeur de l'Observatoire de Bordeaux, pour ses travaux d'astronomie physique. *Rapporteur :* M. E. Esclangon.

PRIX DU GÉNÉRAL MUTEAU (**Sciences physiques**) (20.000fr). — Commissaires : MM. A. Lacroix, H. Vincent, G. Bertrand, M. Caullery, M. Delépine, Ch. Jacob, Ch. Pérez, A. Chevalier.

Le prix est décerné à M. **Henri Perrier de La Bâthie**, correspondant pour la section de botanique, pour l'ensemble de ses recherches à Madagascar. *Rapporteur :* M. A. Chevalier.

PRIX LAURA MOUNIER DE SARIDAKIS (16.500fr). — Commissaires : MM. A. Lacroix, H. Vincent, G. Bertrand, L. de Broglie, Ch. Pérez, P. Portier, M. Javillier, J. Jolly, R. Courrier.

Le prix est décerné à M. **André Boivin**, professeur à la Faculté de médecine de Strasbourg, pour ses travaux de chimie microbienne. *Rapporteur :* M. G. Bertrand.

PRIX MARIE-GUIDO TRIOSSI (60.000fr). — Commissaires : MM. A. Lacroix, M. Caullery, M. Delépine, Ch. Jacob, A. Chevalier, L. Binet, R. Souèges, R. Courrier.

Le prix est décerné à feu **Paul Bertrand**, professeur au Muséum national d'histoire naturelle, pour l'ensemble de ses travaux sur les végétaux des terrains houillers de France et de Belgique. *Rapporteur :* M. A. Chevalier.

PRIX DES GRANDES ÉCOLES.

PRIX LAPLACE. — Deux prix sont décernés :

— à M. **Paul Aussure**, né à Paris, XIVe arrondissement, le 30 avril 1922, sorti premier de l'École polytechnique, division C;

— à M. **Alain Stahl**, né à Paris, XVIe arrondissement, le 5 février 1926, sorti premier de l'École polytechnique, division D;

PRIX L.-E. RIVOT. — Quatre prix de 750fr sont décernés :

— à M. **Paul Aussure**, entré premier à l'École des mines, division C;

— à M. **Paul Bertrand**, entré premier à l'École des ponts et chaussées, division C;

— à M. **Alain Sthal**, entré premier à l'École des mines, division D;

— à M. **Georges Delmas**, entré premier à l'École des ponts et chaussées, division D.

Quatre prix de 500fr sont décernés :

— à M. **Albert Messiah**, entré second à l'École des mines, division C;

— à M. **Pierre Avril**, entré second à l'École des ponts et chaussées, division C;

— à M. **Philippe Boulin**, entré second à l'École des mines, division D;

— à M. **Jacques Alhéritière**, entré second à l'École des ponts et chaussées, division D.

FONDS GÉNÉRAUX DE RECHERCHES SCIENTIFIQUES.

FONDATION TRÉMONT (3.000fr). — Commissaires : MM. L. Blaringhem, H. Villat, A. Lacroix, L. de Broglie, É. Borel, G. Bertrand, P. Chevenard.

Un prix est décerné à M. **Eugène Joumier**, chef de travaux aux laboratoires de recherches des aciéries d'Imphy, pour ses travaux de métrologie industrielle. *Rapporteur :* M. P. Chevenard.

FONDATION HIRN (3.600fr). — Commissaires : MM. L. Blaringhem, H. Villat, A. Lacroix, L. de Broglie, E. Borel, G. Bertrand, A. Caquot.

Un prix est décerné à M. **Jean Dutheil**, ingénieur-constructeur, pour ses travaux relatifs aux déformations des charpentes métalliques. *Rapporteur :* M. A. Caquot.

FONDATION AIMÉ BERTHÉ (**Sciences mathématiques**) (5.000fr). — Commissaires : MM. E. Borel, A. Cotton, Ch. Maurain, H. Villat, L. de Broglie, G. Julia, P. Montel, E.-G. Barrillon.

Un prix est décerné à M. **Belling Tsaï**, chargé de recherches au Centre national de la recherche scientifique, pour ses travaux sur la production et la mesure des champs magnétiques intenses. *Rapporteur :* M. A. Cotton.

FONDATION CHARLES-LOUIS DE SAULCES DE FREYCINET. — Commissaires : MM. L. Blaringhem, H. Villat, A. Lacroix, L. de Broglie, E. Borel, G. Bertrand.

Un prix de 20.000fr est décerné à feu **Stanislas Zaremba**, professeur à l'Université de Cracovie, pour l'ensemble de son œuvre mathématique. *Rapporteur :* M. H. Villat.

FONDATION HENRY BECQUEREL. — Commissaires : MM. L. Blaringhem, H. Villat, A. Lacroix, L. de Broglie, É. Borel, G. Bertrand, A. Caquot, É.-G. Barrillon.

Deux prix de 6.000fr sont décernés :

— à MM. **François Bellon** et **Pierre Ferrand**, ingénieurs principaux du Génie maritime, pour leurs études relatives à la compensation des compas magnétiques. *Rapporteur :* M. É.-G. Barrillon.

— à M. **Augustin Seguin**, industriel, inventeur de l'appareil dit *Stroborama*. *Rapporteur :* M. A. Caquot.

FONDATION LOUTREUIL. — Conseil : MM. L. Blaringhem, A. Lacroix, L. de Broglie, É. Borel, G. Bertrand, M. de Broglie.

Les subventions suivantes sont accordées :

— 25.000fr au **Bureau des Longitudes**, pour permettre d'effectuer plus rapidement certains calculs astronomiques, d'utilité internationale, dont le Bureau a été chargé;

— 10.000fr à M. **Pierre Hupé**, agrégé de l'Université, pour ses recherches sur les roches éruptives et métamorphiques de la région de Tarbes;

— 10.000fr à M. **Guy Mennessier**, géologue, pour une révision stratigraphique détaillée des environs d'Uchaux, Vaucluse;

— 10.000fr à MM. **Jean Ribéreau-Gayon**, docteur ès sciences, et **Émile Peynaud**, ingénieur-docteur, pour leurs travaux sur la physiologie de la Vigne, les produits secondaires de la fermentation alcoolique et les polyalcools.

— 20.000fr à M. **Claude Francis-Bœuf**, chargé de recherches au Centre national de la recherche scientifique, pour contribuer à la construction d'une embarcation destinée à ses recherches d'océanographie littorale dans la région de Roscoff;

— 15.000fr à M. **Marcel Véron**, professeur au Conservatoire national des arts et métiers, pour l'acquisition d'un ampèremètre de haute précision.

— 50.000fr à M. **Léon Bertin**, professeur au Muséum national d'histoire naturelle, pour la publication de deux catalogues de collections de Poissons et Batraciens.

— 10.000fr à la **Société d'encouragement pour l'industrie nationale**, pour sa Bibliothèque. *Rapporteur :* M. L. de Broglie.

FONDATION DE Mme VICTOR NOURY. — Commissaires : MM. L. Blaringhem, H. Villat, A. Lacroix, L. de Broglie, É. Borel, G. Bertrand, E. Leclainche.

Un prix de 6.500fr est décerné à M. **Henri Jacotot**, directeur de l'Institut Pasteur de Nhatrang, pour ses recherches sur la peste bovine. *Rapporteur :* M. E. Leclainche.

FONDATIONS SPÉCIALES.

FONDATION GIRBAL-BARAL. — Commissaires : MM. L. Blaringhem, H. Villat, A. Lacroix, L. de Broglie, E. Borel, G. Bertrand, L. Binet.

Une allocation de 12.000fr est accordée à M. **Luc-Olivier Picon**, externe des hôpitaux de Paris. *Rapporteur :* M. L. Binet.

LECTURE.

M. L. de Broglie, Secrétaire perpétuel, lit une Notice sur *La vie et l'œuvre de Paul Langevin*, Membre de l'Académie des Sciences.

A. Lx., L. B.

′
ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 22 DÉCEMBRE 1947.

PRÉSIDENCE DE M. Louis BLARINGHEM.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à M. **Bernard Houssay**, de Buenos-Aires, Lauréat du Prix Nobel de médecine, qui assiste à la séance.

M. le **Président** annonce à l'Académie que, par suite des difficultés de chauffage, la séance du lundi 29 décembre sera supprimée, la prochaine séance aura donc lieu le lundi 5 janvier.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les équations aux dérivées partielles du premier ordre dont les caractéristiques sont lignes asymptotiques des surfaces intégrales.* Note (¹) de M. **Jules Drach.**

Dans un Mémoire célèbre (²) Sophus Lie a montré que si les caractéristiques de

$$p+f(x, y, z, q)=0 \tag{A}$$

sont lignes asymptotiques des surfaces intégrales, f satisfait identiquement à l'équation

$$f_x+(qf_q-f)f_z+f_qf_y=0, \qquad \text{où} \quad f_x=\frac{\partial f}{\partial x}, \quad \ldots. \tag{B}$$

Il y rattache la formation de f à l'étude de *complexes de droites*, mais les opérations analytiques indiquées sont *inexécutables* et les recherches de Lie restent de pure géométrie. Je me suis proposé de voir de près comment on peut, dans un domaine convenable, obtenir *explicitement l'équation* (A), *ses surfaces intégrales et leurs lignes asymptotiques*

1. Cas simple où z ne figure pas dans f : L'équation $f_x+f_qf_y=0$ s'intègre par la méthode de Lagrange, sous la forme

$$f=-bcx+by+cq+\Phi(b, c), \tag{1}$$

où Φ est *arbitraire* en b, c, avec les conditions

$$f_b=y-cx+\Phi_b=0, \qquad f_c=q-bx+\Phi_c=0. \tag{2}$$

(¹) Séance du 10 décembre 1947.

(²) *Math. Annalen*, 5, 1872, p. 135 et *Ges. Abh.*, 2, 1935, p. 1.

Ainsi, y, q, p sont explicites en b, c, x. Les caractéristiques de (A)

$$dy - c\,dx = 0, \qquad dq + b\,dx = 0$$

sont dans le domaine (x, b, c) définies par

$$(3) \qquad x\,dc = d\Phi_b, \quad 2b\,dx + x\,db = d\Phi_c, \qquad \text{ou} \qquad dbx^2 = z\,d\Phi_c.$$

Les autres asymptotiques ont pour équation $x\,\partial b = \partial\Phi_c$:

Le système (3) équivaut à l'équation linéaire

$$(4) \quad \Omega(Z) = \Delta Z_x + 2b(\Phi_{bc} - x)Z_b - 2b\Phi_{b^2}Z_c = 0 \qquad \text{où} \quad \Delta = (\Phi_{bc} - x)^2 - \Phi_{b^2}\Phi_{c^2},$$

dont l'intégration donnera x en b, c. Cette équation admet le multiplicateur $M = 1$. Il suffit d'en trouver une intégrale Z, l'autre U, indépendante de x, est obtenue par la quadrature

$$-dU = 2Z_x^{-1}\big(b\Phi_{b^2}\,db + b(\Phi_{bc} - x)\,dc\big),$$

dans laquelle x est remplacé par son expression en b, c et la constante Z, donnée par $Z = Z(x, b, c)$.

L'expression de x en b, c est définie par $Z(x, b, c) = \theta(U)$, θ est arbitraire.

Pour obtenir z, il faut une nouvelle quadrature $dz = p\,dx + q\,dy$, où le second membre doit être exprimé en db et dc.

L'équation (4), dont tout dépend, ne renferme x qu'*au second degré*. Elle admet, en particulier, des intégrales Z qui sont des *polynomes en x de degré quelconque*. Leur détermination donne un système avec *autant d'équations que d'inconnues*, d'où l'on peut tirer une seule équation aux dérivées partielles (Σ) pour Φ, ou pour une forme équivalente. De toute solution de (Σ) on déduira Z, donc algébriquement x en b et c.

a. Si Z est *linéaire* en x, $Z = \alpha x + \beta$, on trouve $\alpha = \sqrt{b}\,\gamma(c)$, où $\gamma(c)$ est arbitraire, β est donné par une quadrature dont la condition d'intégrabilité est

$$(\Sigma_1) \quad 4b^2\gamma''\Phi_{b^2} + \gamma\Phi_{c^2} = 0, \qquad \text{où} \quad \gamma'' = \frac{d^2\gamma}{dc^2}.$$

Les caractéristiques de (Σ_1) s'obtiennent par quadrature et permettent de remplacer (Σ_1) par une équation de Laplace.

Observons, avec Darboux, que toute solution Φ de (Σ_1) donne sous forme finie, dans l'espace *cartésien* (a, b, c), où $a = \Phi(b, c)$, les lignes asymptotiques de cette surface, après les caractéristiques.

b. Soit Z *quadratique* en x, prenons $Z = bx^2 + \lambda x + \mu$ [et non $b\gamma(c)x^2 + \ldots$]; avec $\lambda = l\sqrt{b}$ on trouve une équation donnant l_b et une autre donnant l_{c^2}, mais on évite leur condition d'intégrabilité en remplaçant Φ par ζ, où $\Phi = \zeta - 2b\zeta_b$, ζ étant la nouvelle fonction arbitraire. On obtient ainsi

$$\lambda = 2b\zeta_{bc}, \qquad \mu = b(\zeta_{bc})^2 + 2F(\omega) \qquad \text{avec} \quad \omega = b\sqrt{b}\,\zeta_{b^2},$$

et enfin

$$Z = b(x + \zeta_{bc})^2 + 2F(\omega),$$

la fonction ζ devant satisfaire à une équation du *troisième* ordre, mais qui s'intègre une fois sous la forme $(\Sigma_2)\,\zeta_{c^2} = \sqrt{b}F'(\omega)$, F' étant la dérivée de F.

De Z, on peut déduire U par la quadrature $dU = dc + 2\dfrac{d\omega}{\sqrt{Z - 2F(\omega)}}\cdot$

La solution générale de l'équation (4) qui donne x en b, c est alors

$$b(x + \zeta_{bc})^2 = \theta(U) - 2F(\omega),$$

où θ est arbitraire et les caractéristiques sont

$$b(x + \zeta_{bc})^2 + 2F(\omega) = Z_0, \qquad U = U_0.$$

Pour avoir z en b, c, c'est-à-dire les surfaces intégrales, il faut toujours une nouvelle quadrature, $dz = p\,dx + q\,dy$, où le second membre est calculé en b, c.

II. *Cas général.* — La transformation de Legendre change (B) en une équation *linéaire* que l'on saura intégrer. Il vaut mieux observer que les coordonnées de la droite de contact du plan $Z - z = p(X - x) + q(Y - y)$ avec son enveloppe ne dépendent que de *trois* paramètres. Ceci donne les relations

$$(1)\quad f_q = \alpha, \quad y - \alpha x = \beta, \quad z - \gamma x = \Phi(\alpha, \beta, \gamma); \qquad (2)\quad -p = f = q\alpha - \gamma.$$

Pour tenir compte de la première équation, il faut, en remplaçant β et γ par leur expression dans la troisième, *annuler la dérivée en* α; on trouve ainsi

$$(3)\qquad q(\Phi_\gamma + x) + \Phi_\alpha - x\Phi_\beta = 0$$

qui donne explicitement q en x, α, β, γ.

Les équations (1) et (3), où $\beta = y - \alpha x$, déterminent α et γ en fonction de x, y, z, q; on en déduit f donné par (2).

Les caractéristiques de (A) données par

$$\frac{dx}{1} = \frac{dy}{\alpha} = \frac{dz}{q\alpha - f} = \frac{-dq}{f_y + qf_z}$$

deviennent, avec les variables α, β, γ et x,

$$(4)\qquad d\beta + x\,d\alpha = 0, \qquad d\gamma - q\,d\alpha = 0$$

et, compte tenu des expressions de f_y et f_z,

$$\frac{dx}{1} = -\frac{dq(\Phi_\gamma + x)}{(\Phi_\beta - q)}.$$

Il suffit d'y remplacer q par son expression en x, α, β, γ donnée par (3) pour obtenir

$$2\,dx = \frac{(\Phi_\gamma + x)}{(\Phi_\alpha + \Phi_\beta\Phi_\gamma)}(d\Phi_\alpha - x\,d\Phi_\beta + q\,d\Phi_\gamma),$$

dont le second membre, réduit, donne enfin

(5) $$dx = \frac{\Delta\, d\alpha}{2(\Phi_\alpha + \Phi_\beta \Phi_\gamma)(\Phi_\gamma + x)},$$

où Δ est un polynome du *quatrième degré* en x

(6) $$\Delta = (\Phi_\gamma + x)^2 (\Phi_{\alpha^2} - 2x\Phi_{\alpha\beta} + x^2 \Phi_{\beta^2}) + 2(\Phi_\gamma + x)(x\Phi_\beta - \Phi_\alpha)(\Phi_{\alpha\gamma} - x\Phi_{\beta\gamma}) + (x\Phi_\beta - \Phi_\alpha)^2 \Phi_{\gamma^2}.$$

Tout revient à l'intégration de l'équation *linéaire* explicite

(7) $$\Omega(Z) = 2(\Phi_\alpha + \Phi_\beta \Phi_\gamma)(\Phi_\gamma + x)[(Z_\alpha - xZ_\beta)(\Phi_\gamma + x) + Z_\gamma(x\Phi_\beta - \Phi_\alpha)] + Z_x \Delta = 0.$$

Mais, si l'on veut pour Z un polynome en x de degré n, on trouve $(n+4)$ équations à $(n+2)$ inconnues; ce n'est que dans des cas très particuliers qu'elles sont compatibles. On n'intègre (7) que pour des formes simples de Φ.

III. Indiquons un exemple simple dont l'étude *directe* s'achève. Pour l'équation (A), $p + axq^2 - z/x = 0$, les caractéristiques sont définies avec trois constantes b, c, y_0, par

$$y - \frac{2}{3}acx^3 = y_0, \qquad z - \frac{1}{3}ac^2x^4 = bx$$

et l'on a $q = cx$. L'expression générale de q est donnée en x, y, z par

$$\frac{z}{x} - \frac{a}{3}xq^2 = \theta\left(y - \frac{2}{3}ax^2q,\ \frac{q}{x}\right) \quad \text{où } \theta \text{ est arbitraire.}$$

Mais en passant aux éléments b, c, y_0 on a

$$y = \frac{2}{3}acx^3 + y_0, \qquad z = \frac{a}{3}c^2x^4 + x\theta(y_0, c),$$

et si l'on calcule $dz - p\,dx - q\,dy = 0$, on trouve simplement $d\theta(y_0, c) - c\,dy_0 = 0$ qui s'intègre par une nouvelle relation entre c et y_0. On peut prendre simplement $b = \omega(y_0)$, $c = \omega'(y_0)$, ω étant l'arbitraire, lié à b par $\omega = \theta(y_0, \omega')$. Les équations

$$y - \frac{2}{3}a\omega'x^3 = y_0, \qquad z - \frac{a}{3}\omega'^2x^4 = x\omega$$

sont alors les caractéristiques $y_0 =$ const., ou les équations paramétriques des surfaces intégrales. Les asymptotiques sont des courbes gauches du quatrième ordre.

Les autres asymptotiques, données par $2c\,dx + x\,dc = 0$, ou $x^2\omega' = u^2$, sont transcendantes. On a donc les coordonnées x, y, z des surfaces intégrales *explicites* en y_0 et u, paramètres des asymptotiques.

Remarque. — La transformation de Lie qui change les droites en sphères donne les résultats correspondants relatifs aux lignes de courbure.

CHALEUR. — *Convection forcée de la chaleur dans des faisceaux de tubes ronds, elliptiques et profilés.* Note de MM. **Gustave Ribaud** et **Gabriel Brola**.

L'étude théorique de la convection forcée de la chaleur sur des faisceaux de tubes frappés par un fluide perpendiculaire à leur axe se heurte à des difficultés insurmontables; l'influence du profil des tubes paraît également impossible à étudier, aussi bien du point de vue perte de charge qu'en ce qui concerne la convection; on ne possède par ailleurs aucune mesure d'ensemble dans ce domaine.

Aussi nous a-t-il paru intéressant d'effectuer une étude expérimentale systématique portant sur des tubes ronds, elliptiques et profilés, et dans laquelle ont été mesurés simultanément la perte de charge et le coefficient de convection.

La veine qui a servi aux mesures avait une section de 11×20^{cm}. Un pitot, placé dans la veine en amont du faisceau, fournit la vitesse moyenne dans la section et par suite le débit d'air. Deux thermomètres à résistance, montés en opposition, en amont et en aval du faisceau de façon à occuper toute la section de la veine, donnaient l'échauffement de l'air et par suite le flux calorifique Φ emporté par l'air.

Chaque faisceau comportait 10 rangées de tubes; les débits d'eau dans les diverses rangées étaient réglés à une même valeur et mesurés volumétriquement. La chute de température de l'eau dans chaque rangée était obtenue grâce à deux couples thermoélectriques disposés en amont et en aval et montés en opposition; enfin, dans chaque rangée, l'écart de température $\Delta\theta$ entre l'air *et la paroi* était fourni par deux couples montés en opposition, l'un placé dans l'air, l'autre soudé à la paroi d'un des tubes. Enfin les pertes de charge Δp entre l'entrée du faisceau et les plans de sortie des diverses rangées étaient mesurées au manomètre à eau.

Les tubes utilisés avaient tous même maître-couple ($d = 12^{mm}$); on a toujours utilisé 10 rangées de tubes; pour chaque profil de tubes, 9 montages différents ont été réalisés dans lesquels on modifiait la distance e' des axes des tubes dans une même rangée et la distance e'' entre deux rangées consécutives. Dans les tableaux qui suivent, U_1 représente la vitesse de l'air dans la veine en amont du faisceau, $\mathcal{U}_f$ la vitesse moyenne dans la section la plus étroite du faisceau; il est, en outre, commode de considérer le nombre de Reynolds $\mathcal{R}$ rapporté à $\mathcal{U}_f$ et au maître-couple d et de traduire par des formules monomes, soit le nombre de Biot-Nusselt $\alpha d/\lambda$, soit le nombre sans dimensions $\Delta p/(\rho U_1^2/2)$, en fonction de $\mathcal{R}$ (α coefficient de convection rapporté à la surface S_e d'échange entre l'air et la paroi d'une rangée de tubes).

Le tableau 1 reproduit les mesures effectuées sur trois faisceaux, ronds,

---

(1) Séance du 1er décembre 1947.

TABLEAU 1.

FLUIDE EXTÉRIEUR. — AIR.

Tubes.	U_1 (cm/sec.)	U_f (cm/sec.)	$\mathcal{R}$.	Φ cal/sec.	Δp.10² baryes. 1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
Ronds	833,3	1 250	10⁴	171,2	4,0	6,8	9,4	12,5	14,5	17,5	20	22,6	25,5	30
	1 665	2 500	2.10⁴	276,0	13,5	23,5	33,5	41,5	51,0	60	70	78	86,5	95
	2 500	3 760	3.10⁴	368,8	26,5	46,5	64	81	100	120	138	156	172	190
	3 340	5 000	4.10⁴	452,2	43,5	76	102	134	165	195	226	256	285	310
Elliptiques	835	1 250	10⁴	252,0	4,6	8,7	12,5	16	19,6	23	27	30,5	34	37
	1 670	2 500	2.10⁴	415,0	14,5	28	39	49	60	71,5	83	94	105	116
	2 500	3 750	3.10⁴	556,0	27	50	70	90	115	130	155	175	190	210
	3 340	5 000	4.10⁴	680,0	45	80	120	150	180	220	250	280	320	350
Profilés	763	1 250	10⁴	432,0	7	12,5	18	23	29	34	40	45	50	56
	1 530	2 500	2.10⁴	706,5	17	31	44	57	72	85	100	112	125	140
	2 290	3 750	3.10⁴	942,0	33	61	88	115	140	165	195	220	250	270
	3 050	5 000	4.10⁴	1156,0	43	80	115	145	180	210	250	280	320	350

FLUIDE INTÉRIEUR. — EAU (Φ cal/sec).

Tubes.	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
Ronds	10,1	13,0	14,9	17	18,7	19,5	19,8	20,3	20,5	20,6
	16,3	20,6	24,4	27,7	29,8	31,2	32	32,5	32,8	33
	21,9	27,0	32,5	36,4	39,6	41,7	42,8	43,6	43,8	44,1
	26,4	33,2	39,4	45	48,3	51,0	52,4	53	53,4	53,4
Elliptiques	18,0	22,1	24,2	25,9	27,3	28,1	28,4	28,8	28,8	28,9
	31,2	35,4	39,0	41,6	43,8	45,3	46	46,5	46,6	46,6
	42,0	47,8	52,0	55,5	58,8	60,2	61	62,0	62,1	62,1
	51,4	58,2	64	68,5	71,7	74	74,4	75,4	75,5	75,5
Profilés	35,2	39,1	41,2	43	44,8	46,2	46,8	47	47,0	47,3
	59,0	62,5	66,6	70,5	73,0	75,3	76	76,4	76,6	76,6
	78,3	84,5	88,4	93,5	97,7	99,5	101	101,8	102	102
	96,0	104	109	114,2	116	121,8	124	125,5	125,5	126

Δθ PAROIS-AIR (°C.).

Tubes.	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
Ronds	24,4	24,4	24,4	24,3	24,3	24,3	24,3	24,2	24,2	24,16
	24,6	24,6	24,6	24,5	24,5	24,5	24,4	24,4	24,3	24,28
	24,8	24,8	24,8	24,8	24,7	24,7	24,6	24,6	24,5	24,4
	24,9	24,9	24,9	24,9	24,9	24,9	24,9	24,8	24,7	24,6
Elliptiques	23,5	23,4	23,4	23,3	23,3	23,2	23,1	23,1	23,0	23,0
	23,7	23,6	23,5	23,5	23,4	23,4	23,3	23,3	23,2	23,2
	23,9	23,8	23,7	23,6	23,6	23,5	23,5	23,5	23,4	23,4
	24,2	24,1	24,0	24,0	23,9	23,7	23,7	23,7	23,6	23,6
Profilés	22,4	22,3	22,2	22,1	22	21,9	21,8	21,6	21,6	21,6
	22,7	22,5	22,5	22,4	22,3	22,3	22,1	22,0	22,0	22,0
	23,0	22,8	22,7	22,6	22,6	22,4	22,3	22,1	22,1	22,0
	23,2	23,0	22,9	22,8	22,6	22,6	22,5	22,5	22,5	22,5

α.10⁻⁴ cal/sec/cm² (°C.).

Tubes.	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	S_c (cm²).
Ronds	18,4	22,3	27,6	31	34	35	36,3	37	37,5	37,8	226
	29,4	37,5	44	50,2	54,3	56,5	58	59,2	59,6	60	
	39	49,0	58	65,3	71,4	75,0	76,8	78,5	79,1	80	
	47,1	59,1	70,2	80,1	85,6	91,2	93	94,8	94,1	96,5	
Elliptiques	22,6	25,8	28,4	30,4	32,0	33,1	33,6	34	34,2	34,3	366
	36,0	41,0	45,3	48,4	51,2	53,0	54	54,6	54,8	54,8	
	48,0	55	60	64,2	68,0	70	71	72	72	72	
	58	66	73	78,0	82,0	84	86	87	87,5	87,5	
Profilés	26,2	28,4	30	31,5	33	34,2	34,8	35,1	35,2	35,4	618
	42,0	45	48	51,0	53	54,5	55,6	56	56,3	56,3	
	55	60	63	67,0	70	72	73,4	74,5	74,6	74,8	
	67	73	77	81,0	83,2	87,2	89	90,0	90,3	90,6	

elliptiques et profilés, dans lesquels les écartements relatifs avaient pour valeur $e'/d = e''/d = 3$; les n[os] 1 à 10 en tête des colonnes correspondent aux rangées de tubes à partir de l'entrée.

Le tableau 2 traduit les expressions de $\alpha d/\lambda$ et de $\Delta p/(1 \rho u_1^2/2)$ en fonction de $\mathcal{R}$. On remarquera que la première de ces expressions comporte un même exposant de $\mathcal{R}$ pour les trois profils; il n'en est pas du tout de même pour la seconde.

On remarquera, en outre, que le rapport entre le flux calorifique Φ évacué par le faisceau et la perte de charge Δp est, toutes choses égales, nettement plus élevé pour un faisceau de tubes profilés.

TABLEAU 2.

	Coefficient de convection.			Perte de charge.		
	Ronds.	Elliptiques.	Profilés.	Ronds.	Elliptiques.	Profilés.
	$\frac{\alpha d}{\lambda} = A\mathcal{R}^{0,68}$.			$\frac{\Delta p}{\frac{1}{2}\rho_1 U_1^2} = B\mathcal{R}^{-0,32}$.	$\frac{\Delta p}{\frac{1}{2}\rho_1 U_1^2} = B\mathcal{R}^{-0,52}$.	$\frac{\Delta p}{\frac{1}{2}\rho_1 U_1^2} = B\mathcal{R}^{-0,74}$.
Rangée.	Valeurs de A.			Valeurs de B.		
1...	0,070	0,086	0,100	19,3	152	1900
2...	0,088	0,098	0,108	33,6	272	3500
3...	0,105	0,108	0,114	46,4	405	5000
4...	0,118	0,116	0,120	57,0	513	6420
5...	0,128	0,122	0,126	72,3	645	8030
6...	0,135	0,126	0,130	86,0	745	9400
7...	0,138	0,128	0,132	99,5	870	11100
8...	0,141	0,129	0,134	112,0	980	12500
9...	0,142	0,130	0,134	125,0	1100	14100
10...	0,143	0,130	0,134	137,0	1200	15540

ÉLECTROCHIMIE. — *Sur l'électrolyse de l'argentacyanure de potassium.* Note (¹) de M. **Pierre Jolibois.**

L'argentacyanure de potassium, sel complexe de formule $[Ag(CN)_2]K$, est employé en galvanoplastie et donne lieu sur la cathode à des dépôts d'argent avec un très bon rendement faradique. D'après la formule ionique de cette substance, le dépôt devrait se produire à l'anode et correspondre à l'anion $Ag(CN)_2$. On interprète habituellement cette contradiction entre l'expérience et la formule en envisageant l'hypothèse d'une dissociation du type

$$Ag(\overline{CN})_2 \rightleftharpoons \overset{+}{Ag} + \overline{\overline{CN}}_2.$$

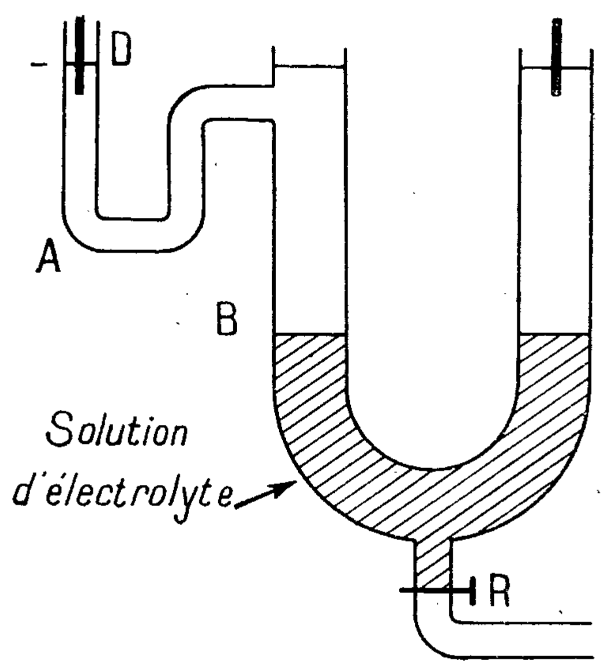
Grâce à cette façon de voir, il y aurait dans la solution assez d'ions argent pour expliquer un dépôt de métal sur la cathode.

(¹) Séance du 10 décembre 1947.

Si l'on réalise dans l'appareil ci-dessous une électrolyse en ne faisant plonger les électrodes que dans l'eau pure et en introduisant l'argentacyanure dans la partie du vase d'électrolyse traversée par le courant, sans être au contact des électrodes, on constate les faits suivants :

1° Après un certain temps d'électrolyse, le tube A, qui primitivement ne contenait que de l'eau, s'est enrichi en potasse dont la concentration va en croissant.

2° Il n'y a pas trace de dépôt d'argent sur l'électrode D.



3° Il apparaît un précipité blanc de cyanure d'argent dans la branche C du tube principal.

Ce précipité est identique à celui que l'on obtient en mélangeant une solution de nitrate d'argent et de cyanure de potassium.

Je l'ai vérifié en comparant les spectres X des deux substances qui sont cristallisées et donnent pour la raie $K\alpha$ du cuivre le même spectre caractérisé par les angles suivants : 12°12′ ; 15°5′; 19°27′; 24°53′ ; 26°38′ ; 29°33′; 31°3′; 33°55′ ; 42°50′. On en tire la conclusion qu'il n'y a pas d'ion argent dans la solution de l'argentacyanure, sinon il y aurait un dépôt d'argent sur la cathode. On peut également affirmer que la formule ionique de l'argentacyanure représente bien sa constitution qui est celle d'un complexe parfait. Suivant une théorie que j'ai préconisée déjà dans plusieurs cas, l'électrolyse s'explique ainsi : le courant électrique décompose le sel en potasse et en acide $Ag(CN)_2H$ attirés respectivement vers les pôles négatifs et positifs. L'acide $Ag(CN)_2H$, au contact de l'oxygène dégagé à l'anode, est oxydé et donne ainsi naissance à un dépôt de cyanure d'argent. La potasse est attirée purement et simplement à la cathode et reste inaltérée en présence de l'hydrogène qui se dégage.

Les conditions de la galvanoplastie ne sont pas celles de l'appareil que je viens de décrire ; il a été construit spécialement pour observer des phénomènes purs et éviter soigneusement toute diffusion entre les régions anodiques et cathodiques destinées à ne contenir que les produits spécifiquement différenciés par leur comportement électrochimique.

Dans les opérations propres à réaliser un dépôt d'argent en milieu cyanuré, les régions anodiques et cathodiques ne sont pas séparées et les produits diffusent librement d'une région à l'autre. Il s'ensuit que l'hydrogène atomique qui s'échappe de la cathode peut réduire le bain et provoquer ainsi l'apparition de métal. Ce n'est pas là une simple hypothèse. On peut en effet traiter le cyanure d'argent précipité par de l'hydrogène naissant et obtenir ainsi un dépôt métallique suivant une technique que j'ai déjà employée dans plusieurs cas, et notamment avec le cyanure de cuivre ([2]).

PHYSIQUE BIOLOGIQUE. — *Migrations par osmose des micelles dans la naissance des mutations végétales.* Note de M. **Louis Blaringhem**.

Mis en 1910 à l'Institut Pasteur, pour l'étude des glutens, en relations avec G. Malfitano et M. Jacques Duclaux, alors que j'étais depuis des années l'élève de H. Mouton, cette formation, complétée par des conversations fréquentes avec Henry Le Chatelier, m'a permis de trouver dans l'œuvre de Léon Guignard, dans celle de P.-A.-Dangeard, un parallélisme entre les mutations chimiques dévoilées par les Curie et les mutations biologiques, d'admettre l'identité des lois qui régissent la distinction des espèces chimiques comme celle des espèces vivantes. Pour quelques philosophes avertis, ces lois sont l'expression de l'identité fondamentale de l'intelligence et de la conformation physique de l'*Homo sapiens*.

Les caractères stables qui définissent les espèces, des étapes dans la condensation et l'architecture de la matière sont des points de repère non négligeables puisqu'ils assurent la coopération universelle par une langue commune; cependant ces conventions sont moins importantes pour l'avenir de la Science que les analyses de la mobilité, de ces mouvements d'ions et de micelles, de ces constituants des éléments et des organes qui, bien ajustés, en permettent la vie. Le raisonnement de M. Albert Einstein relatif au mouvement brownien des particules en suspension dans un liquide ne comporte aucune hypothèse sur leur constitution; M. Jacques Duclaux fait remarquer à l'Académie (1947) que les Protozoaires se meuvent avec une vitesse des milliers de fois supérieure à celle qu'ont les mêmes êtres lorsqu'ils sont morts « sans qu'ils aient changé de grosseur ni de forme ».

Dès 1910, j'étais convaincu que l'essentiel dans l'obtention des mutations était de suivre le régime de l'eau en circulation dans les plantes. L'eau n'est pas une entité stable; elle présente des phases de condensation, étages de nuages, précisée par Röntgen, solution de glace dans l'*hydrol*, déclare Duclaux, avec indétermination des condensations, chaleur de dépolymérisation d'environ

---

([2]) *Nouveaux aperçus sur l'électrolyse*, p. 10, Paris, 1943; *Comptes rendus*, **223**, 1946, p. 225.

4000 calories par molécule de glace dissoute, coefficient de compressibilité nul, à 0° voisin de 360.10^{-7}. Or l'eau est l'agent, le support de la mobilité dans l'organisme général ou cellulaire des plantes; elle y joue le rôle du système nerveux des animaux.

J'en avais constaté, en 1904, les effets héréditaires chez *Zea Mays tunicata* qui me donnait des Maïs chou-fleurs en 1907, avec les fascies qui m'ont fait conserver vivant l'unique individu *Capsella Viguieri*, souche brutalement fixée d'une espèce aberrante que P.-A. Dangeard voulait élever au rang de genre nouveau; c'est le manque d'eau qui détermine l'explosion des crises de Rouille (guimauve, céréales), son excès, la prolifération et la duplicature des fleurs de la Cardamine. En 1910, puis en 1912 j'ai pu obtenir les premiers hybrides de l'Engrain (*Triticum Monococcum*) avec différents Blés de grande culture. Enfin j'avais pu constater que ses effets étaient réalisés en quelques heures, et à une certaine température, en moins de 15 minute vers 7^h du matin pour le Lin. Mes études sur la fièvre des fleurs (1934-1936), interrompues par la seconde guerre, indiquent une sensibilité particulière des lignées récemment acclimatées, nées et naturellement dispersées sous un autre climat. En bref, les mêmes préocupations m'ont guidé dans l'étude de l'hérédité du sexe, et de ce que j'appelle l'habitus ou individualité biologique, qui est altération du tempérament déterminée par des actions physiques avant et au cours de la fécondation.

L'explication de l'individualité est donnée par l'examen des préparations cytologiques de Léon Guignard, par des remarques faites dès le début de ses études. Il insiste dès 1881 sur la dualité de l'appareil cellule; quand il y a mouvement, c'est-à-dire vie, la cellule fermée a *un noyau actif*, alors ignoré, écrasé, difforme dans les cellules à résine. Il s'étonne de la *pluralité des noyaux* dans le suspenseur embryonnaire des Viciées, de l'absence de suspenseur chez les Mimosées où l'embryon est globuleux, morula, avec synergides fécondées comme l'oosphère; il note à cette phase précise d'irrégularité la réduction chromatique qui fait de l'oosphère le complément sexuel nécessaire à la mise en action complète du noyau réduit transporté par le boyau pollinique et parasite de l'ovaire; il démontre le parasitisme du pollen chez les Orchidées exotiques où la migration dure des mois, exige la coopération de centaines de tubes suceurs pour faire de l'ovaire une pseudo-galle où apparaissent tardivement les ovules, il constate la régularisation des courses avec rapidité chez les Orchidées indigènes; enfin, il y a polarité, orientation de l'oosphère vers le chemin suivi par le tube pollinique. Pour les physiciens à qui j'en fis la remarque, ce serait influence du type magnétique.

Par déférence pour Hugo de Vries, qui communiqua à Van't Hoff son concept de la pression osmotique et de la pangenèse intracellulaire, conjonction des hypothèses de Lamarck et de Darwin, ma préoccupation fut de suivre avec anxiété l'étude faite par Paul Langevin en 1912 : *Interprétation cinétique de la*

pression osmotique (*Journal de Chimie physique*, t. 10). Hydrogène et azote en atmosphère indéfinie sont séparés théoriquement par une lame infiniment mince de platine; dans leur diffusion, « chaque gaz se comporte, à tous points de vue, comme s'il était seul ». S'il s'agit de solutions, de sucre dans l'eau, et de membrane hémiperméable, la concentration de l'eau est loin d'être la même à toutes les hauteurs; dans l'état d'équilibre, la solution sucrée s'élève plus haut par attraction mutuelle des molécules de sucre, il y a mouvement, image de la vie, soumise à la loi de Van't Hoff. « Ces attractions augmentent à concentration moléculaire égale avec la grosseur des molécules... ». Cette citation tronquée de Langevin suffit pour interpréter quelques-unes des préparations de Guignard.

La viscosité du protoplasme du Lis règle les mouvements dans les cellules qui se préparent à la division par l'activité du centrosome qui, *le premier*, se dédouble et les sphères directrices s'ornent chacune d'un aster qui lentement ici, instantanément ailleurs, se comportent comme chargées d'électricité et se fixent aux deux pôles, toujours en contact avec la surface du noyan quiescent; mais au cours du trajet la membrane nucléaire s'évanouit graduellement, et à partir du pôle où se trouvait le centrosome, il y a communication, infiltration peut-être du protoplasme dans l'hyaloplasme du noyau, en tous cas, régression puis évanouissement du nucléole qui sera happé en partie par les granules chromatiques alignés sur leur support filamenteux incolore, bientôt subdivisé en tronçons condensés. Guignard y découvre l'alignement parallèle des deux séries de granulations; en même temps les filaments du fuseau deviennent visibles, accrochent et maintiennent en plaque, en étoile, à l'équateur les chromosomes gonflés, bientôt dédoublés dans *le sens de leur longueur*. Les plaques s'écartent lentement, se soulèvent vers les asters et les filaments chromatiques, dessinent le tonnelet déjà décrit dans plusieurs cas par les zoologistes : migration précise, directe jusqu'à chaque sphère directrice qui régit en quelque sorte la reconstruction des noyaux fils, tandis qu'à l'équateur du fuseau sont perceptibles sur les filaments chromatiques les nodules qui sont l'ébauche de la cloison nouvelle séparant les cellules filles. La division cellulaire par *caryocynèse* est une opération régularisée de brassage, d'épuration et d'attractions de micelles bien plus lente que celle des molécules de sucre, mais soumise aux mêmes règles. L'hérédité est maintenue par l'intégrité nucléaire, par l'addition au cours de la fécondation de deux unités complémentaires en un noyau désormais au repos, au complet, durant toute la vie végétative à partir de la formation de l'œuf jusqu'à la nouvelle crise sexuelle.

L'activité, le mouvement, la vie sera fortement accusée dans le protoplasme; l'inertie est alors dans les noyaux aux éléments doubles dont les brisures seront toujours transversales, et cela pendant des siècles si la plante est vivace comme le Chiendent, les Typhas, la Canne à sucre où il a été très difficile de retrouver un individu en fleur. L'inertie est encore accusée dans les étamines de ces

Bégonias hybrides à fleurs semi-doubles où l'on trouve des staminodes couverts de bourrelets cellulaires, mimant des ovules, mais où ne se forment pas de cellules apicales différentiées, ni de sacs embryonnaires. Elle est plus nette encore dans les Champignons supérieurs où les noyaux sexuels cheminent côte à côte, passifs durant un siècle, depuis que l'on prépare pour la vente des *blancs purs* de l'Agaric champêtre. Or il n'y a pas de classe de plantes où la diversité locale des formes d'Agarus, de Russules, des Coprins soit plus accusée par la fructification, par l'étalement des chapeaux, par la saveur ou par le parfum. Ce sont des individus, des espèces élémentaires jordaniennes lorsqu'il s'agit de nos Pissenlits à fleurs jaunes qui se multiplient parthénogénétiquement.

Pas de désordre nucléaire d'ailleurs dans les croisements fertiles qui suivent la loi de probabilité au même titre que le mouvement brownien parce qu'ils exigent l'indépendance du caractère diastase ou pigment soluble du protoplasme. Mais obéissent rarement aux équilibres nucléaires, les remarquables charpentes construites par échanges, addition ou soustraction de fragments de chromosomes, dans les élevages des *Datura* de M. A. F. Blakeslee et ses collaborateurs. Il faut des précautions d'artiste pour y maintenir l'accord et la résistance aux crises sexuelles, crises dans la vie de l'espèce qui ne peut y survivre que si l'ajustement physique, l'architecture nucléaire maintient un équilibre, comme l'a annoncé Léon Guignard en octobre 1886 à l'Académie.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Le rubidium est-il remplacé par du césium dans* Chlora perfoliata? Note de MM. **Gabriel Bertrand** et **Didier Bertrand**.

Après avoir fait part, en 1928, à la Société de Chimie biologique de ses observations sur le phénomène de photonastie solaire des pétales de *Chlora perfoliata* L., Freundler a annoncé que les cendres de cette plante « renferment du césium à l'exclusion du rubidium » (1).

Ayant, en poursuivant nos recherches sur le rubidium dans les plantes, rencontré une station de *Chlora perfoliata*, ou Centaurée jaune de la famille des Gentianées, à Fumel, département du Lot-et-Garonne, nous avons répété l'analyse de Freundler pour apprécier dans quelle mesure elle méritait d'être retenue, pour vérifier si, au contraire des nombreux résultats que nous avons déjà publiés (2), *Chlora perfoliata* était une espèce dépourvue de rubidium et, ce qui serait une particularité encore plus grande, si ce métal alcalin est vraiment remplacé par du césium.

---

(1) Procès-verbal de la séance du 6 novembre (*Bull. Soc. Chim. biol.*, **10**, p. 1280-1281).

(2) Dernière Note : *Comptes rendus*, **222**, 1946, p. 423, et Mémoire correspondant : *Ann. Inst. Past.*, **73**, 1947, p. 472.

Nous avons expérimenté sur deux échantillons de *Chlora perfoliata* récoltés à Fumel en 1946 : le premier sur le flanc exposé au midi d'une colline en bordure du Lot, au lieudit du « Canon », et le second provenant d'une petite clairière encastrée dans le bois dit de « Salat ». Le premier, le plus abondant, était un peu avancé en végétation, la plupart des individus portant déjà des graines; le second comprenait seulement quelques individus, mais cueillis juste au commencement de la floraison.

Les résultats que nous avons obtenus ont été contrôlés et confirmés sur un troisième échantillon, récolté à Bagnères-de-Bigorre, dans les Pyrénées, en 1947, par M. J. Bouget, botaniste de l'Observatoire du Pic-du-Midi. De cet échantillon, assez volumineux et qui nous était parvenu au Laboratoire par la voie la plus rapide et en bon état de conservation, nous avons séparé : *a*, des tiges entières en pleine période de floraison et *b*, un poids d'environ 11^g de corolles, extraites une à une à l'aide d'une pince en acier nickelé, pour éviter de modifierpar le contact des doigts la composition en sels de la substance à examiner (³).

Enfin, à titre comparatif, nous avons analysé une plante systématiquement très voisine de *Chlora perfoliata* et que l'on rencontre fréquemment dans les mêmes lieux : la Petite Centaurée (*Erythræa centaurium* Willd.), ainsi que *Gentiana germanica* Willd., aussi de la famille des Gentianées. Deux échantillons de Petite Centaurée provenaient de Fumel, l'un de la colline du Canon et l'autre du bord de la route à l'entrée du bois de Salat, et un troisième avait été récolté à Martinet, en Vendée.

Pour l'analyse, nous avons utilisé la méthode spectrographique, beaucoup plus sensible et rigoureuse que la méthode chimique, en opérant comme nous l'avons décrit à propos du rubidium (⁴). Cette méthode convient, en effet, comme nous l'avons reconnu par de récentes expériences, pour le césium.

Nous avons d'abord passé les cendres totales de *Chlora* à l'arc électrique : le spectrogramme obtenu a présenté nettement la ligne 4215 Å caractéristique du rubidium. Soumettant ensuite un poids connu de ces cendres au traitement chimique qui sépare l'ensemble des métaux alcalins à l'état de chlorures, nous avons dosé le rubidium. La même série d'opérations a été réalisée enfin sur chacun des échantillons de plantes énumérés plus haut, ce qui nous a fourni les teneurs suivantes, exprimées en milligrammes de métal par kilogramme de plantes sèches :

(³) Freundler avait déclaré en réponse à une demande d'explication que les pétales étaient particulièrement riches en césium. Cette déclaration ne figure pas dans le procès-verbal de la séance de la Société de Chimie biologique.

(⁴) *Comptes rendus*, 217, 1943, p. 520.

Chlora perfoliata (tig. ent.). Fumel, colline du Canon	23,0
» » (») » bois de Salat	17,7
» » (») Bagnères-de-Bigorre	9,1
» » (pétales) » »	5,7
Erythraea centaurium (tig. ent.). Fumel, colline du Canon	31,0
» » (») » bois de Salat	9,6
» » (») » Martinet	14,2
Gentiana germanica (tig. ent.). Montdidier, Somme	9,8

D'après ces résultats, *Chlora perfoliata* contient du rubidium; il en est de même de la Petite Centaurée et de *Gentiana germanica*; aucune des nombreuses espèces végétales actuellement analysées n'est dépourvue de ce métal alcalin.

S'y trouve-t-il aussi du césium?

On ne saurait l'affirmer d'après le simple examen du spectrogramme. Aux très minimes proportions auxquelles le césium pourrait être contenu dans les cendres, il ne révélerait sa présence que par la photographie de la raie ultime 4554 Å. Mais cette raie est trop proche de la raie ultime 4555 Å du baryum pour en être séparée à l'aide des spectrographes ordinairement en usage dans les laboratoires. Même dans le spectrogramme que donne l'excellent appareil de Féry, la fusion des deux raies est complète. Or, les cendres de *Chlora perfoliata* renferment, comme nous l'avons constaté, de petites quantités de baryum. Il est donc probable que Freundler a été trompé par cette coïncidence; il a pu croire qu'il y avait du césium dans les cendres de *Chlora*, mais il n'en a pas donné la démonstration.

MÉCANIQUE. — *Sur le pendule conique.*

Note de M. **Jules Haag**.

1. On a parfois utilisé le pendule conique comme organe régulateur d'une horloge. Sa supériorité sur le pendule oscillant est de donner une mesure *continue* du temps. Mais, il y a lieu de se demander si sa précision est comparable. C'est ce que nous allons examiner.

2. Le pendule conique peut tourner autour d'un axe Oy, lequel est horizontal et peut tourner autour de la verticale descendante Oz. La rotation autour de Oz est entretenue par un couple moteur Γ, agissant sur une petite tige, mobile autour de Oz et comportant une rainure, dans laquelle s'engage une pointe terminant la tige du pendule.

Appelons θ l'angle de Oz avec la perpendiculaire OZ à Oy, passant par le centre de gravité G du pendule; ω la vitesse angulaire du plan zOZ; a la distance OG; A, B, C les moments d'inertie du pendule par rapport à OX perpendiculaire à yOZ, par rapport à Oy et par rapport à OZ.

Supposons que la résistance de l'air admette une résultante appliquée en G, opposée à la vitesse v de G et valant $F(v)$. Soit f le coefficient de frottement

dans la rainure. Les équations différentielles du mouvement sont

$$M\omega' + \omega\theta' D \sin 2\theta = \Gamma - \omega \frac{F(v)}{v} a^2 \sin^2\theta, \tag{1}$$

$$B\theta'' - \omega^2 D \sin\theta \cos\theta = -\frac{F(v)}{v} a^2 \theta' - mga \sin\theta \pm \frac{f\Gamma}{\sin\theta \cos\theta}, \tag{2}$$

où les accents désignent des dérivées par rapport à t et où l'on a posé

$$M = A \sin^2\theta + C \cos^2\theta, \qquad D = A - C.$$

3. En *rotation uniforme*, on a

$$\Gamma = F(v_0) a \sin\alpha, \qquad \theta_0 = \alpha, \qquad v_0 = a\omega_0 \sin\alpha; \tag{3}$$

$$mga = D\omega_0^2 \cos\alpha + f' \frac{\Gamma}{\sin^2\alpha \cos\alpha}, \qquad -f < f' < f. \tag{4}$$

Suivant la valeur de f', il y a une *infinité de tels régimes*. Il en résulte une imprécision pour α et ω_0, que l'on calcule en différentiant (3) et (4). La période du mouvement étant $2\pi/\omega_0$, l'incertitude de ω_0 se traduit par une *incertitude de marche diurne* dont la valeur absolue a pour limite supérieure, en secondes,

$$X = 86400\, f \frac{a^3 F(F + v_0 F')}{D v_0^2 [F' v_0 \sin^2\alpha + 2(F + v_0 F') \cos^2\alpha]}. \tag{5}$$

4. Étudions maintenant la *stabilité* du régime ci-dessus, et, s'il est stable, la plus ou moins grande rapidité avec laquelle il est atteint. A cet effet, on pose $\theta = \alpha + x$, $\omega = \omega_0 + y$; on forme, à partir de (1) et (2), les équations linéaires vérifiées par x et y, puis *l'équation caractéristique* correspondante. On trouve que les *conditions de stabilité* sont $D > 0$ et une inégalité compliquée, que nous ne reproduisons pas.

Si la fonction $F(v)$ est quelconque, l'équation caractéristique dépend de v, donc de a et α, d'une manière compliquée. Le seul cas où elle soit indépendante de v est $F(v) = kv^2$, ce qui est approximativement le cas de la réalité. Supposons de plus que *l'ellipsoïde d'inertie relatif à* G *soit une sphère* et posons

$$ma^2 = \lambda C, \qquad 2k^2 C = z m^3, \tag{6}$$

m désignant la masse du pendule. En posont $r = sv/a$, l'équation caractéristique s'écrit

$$s^3(\lambda + 1)(\lambda \sin^2\alpha + 1) + s^2 \lambda \sqrt{\frac{\lambda z}{2}} (3\lambda \sin^2\alpha + 1 + 2 \sin^2\alpha) + s\lambda [1 + \lambda(1 + 3\cos^2\alpha) + z\lambda^2 \sin^2\alpha] + 2\lambda^2 \sqrt{\frac{\lambda z}{2}} (1 + 2\cos^2\alpha) = 0 \tag{7}$$

et il n'y a *qu'une condition de stabilité*.

5. Supposons *que la masse pendulaire soit une sphère* de rayon R. Le coefficient k vaut à peu près $44\pi R^2 . 10^{-6}$, en unités C.G.S. On en déduit

$$z = \frac{0{,}87 . 10^{-7}}{d^2},$$

si d est la densité de la sphère. Par exemple, pour une sphère en *acier*, on a $z = 1,43 \cdot 10^{-9}$. Ce coefficient est très petit. On en déduit que les racines de (7) ont approximativement pour valeurs

$$(8) \qquad s_1 = -\lambda\sqrt{2\lambda z}\,\frac{1+2u}{1+\lambda(1+3u)}, \qquad u = \cos^2\alpha;$$

$$(9) \quad \left\{ \begin{array}{l} s = -\sigma \pm i\sqrt{\rho}, \qquad \sigma = \lambda\sqrt{\dfrac{\lambda z}{2}}\,\dfrac{E}{2(\lambda+1)(\lambda\sin^2\alpha+1)[\lambda(1+3u)+1]}, \\ \rho = \lambda\,\dfrac{1+\lambda(1+3u)}{(\lambda+1)(\lambda\sin^2\alpha+1)}, \end{array} \right.$$

$$E = \lambda^2\sin^2\alpha(1+5u) + 2\lambda(\sin^2\alpha - u^2) + 1 - 6u.$$

Prenons par exemple $a = 10\,\mathrm{R}$ et $\alpha = 10^0$; on trouve

$$s_1 = -6,4 \cdot 10^{-4}; \qquad \sigma = 2,7 \cdot 10^{-4}, \qquad \rho = 114.$$

Les décréments logarithmiques sont 0,0007 et 0,0003; ils sont très petits; *la stabilisation est très lente.*

Bien entendu, le nombre des oscillations dans la rainure est néanmoins *fini*, à cause du *frottement.*

6. Revenons, avec ces données, à la formule (5); on trouve $X = 19f$ environ. Pour $f = 0,1$, l'incertitude de marche serait donc d'à peu près 2 secondes par jour, ce qui est énorme pour une horloge de précision. A ce défaut pourraient s'ajouter les variations accidentelles du couple Γ, ou du coefficient k, qui est proportionnel à la densité de l'air. La conclusion pratique est que *le pendule conique est très inférieur au pendule oscillant, pour les horloges de précision.*

GÉOLOGIE. — *La série stéphanienne du Bassin houiller de la Loire.* Note de M. **Pierre Pruvost.**

Le terrain houiller du Bassin de la Loire, type de l'étage stéphanien (A. de Lapparent et Munier-Chalmas, 1894), est bien connu grâce aux descriptions de L. Grüner, C. Grand'Eury, E. Coste et P. Bertrand ([1]). Il semblait que, dans ce gisement de structure assez simple, la succession normale des dépôts et le numérotage des veines de houille, établis par Grüner, ne dussent point subir ultérieurement de retouches essentielles.

Or, à la suite d'études faites depuis 1942 avec M. J. Armanet, ingénieur en chef des mines, pour l'établissement d'un nouvel atlas de la topographie souterraine de ce bassin, je suis amené à en proposer d'assez importantes. Elles sont le résultat d'un véritable travail d'équipe, où ont collaboré, en particulier,

([1]) L. Grüner, *Bassin de la Loire* (Mém. Topogr. souterr., 1850) : C. Grand'Eury, *Flore carbon. du départ. de la Loire* (Mém. présentés par plusieurs savants à l'Académie des Sciences, 1877; E. Coste, *Bassin houiller de la Loire* (Mém. Topogr. souterr., 1900; P. Bertrand, *Les grandes divisions paléont. du Stéphanien du Bassin de la Loire. Comptes rendus*, **167**, 1918, pp. 689-760.

avec tous les ingénieurs du Bassin, MM. A. Bonte et G. Waterlot, chargés du lever géologique aux affleurements, et M. J. de Maistre, ingénieur, chef du Service Géologique du bassin, qui a étudié plus spécialement les travaux souterrains. D'après nos observations, la série stéphanienne du Bassin de la Loire se présente actuellement comme le résume le tableau ci-dessous.

DIVISIONS DU TERRAIN HOUILLER DE SAINT-ÉTIENNE.

Stéphanien supérieur (Assise d'Avaize, 1300^{m}). Flore à *Odontopteris minor* Brongn.

Zone de Bellevue (800 à 900^{m})..... *Faisceau des Combes.*

.... C. des Littes ....

Zone de Montrambert (500^{m})
- .... *Faisceau des Littes.*
- ..C. Mourinée = 2^{e} C. Beaubrun = Grande C. Devillaine .....
- .... *Faisceau de Beaubrun* (couches brûlantes).

——————————— C. Rochettes = 13^{e} Beaubrun = Siméon = C. du Ban. ———

Stéphanien moyen (Assise de Saint-Étienne, 1600^{m}).

Flore à *Odontopteris Reichi* Gutb. et *Cordaites lingulatus* Gd. E.

Zone de Roche-la-Molière (400^{m})
- .... *Faisceau de Rambaud* (1^{er} à 7^{e} Grüner).
- ... 8^{e} Grüner = 13^{e} Loire = Poule-Noire = 2^{e} C. du Soleil (disparition des Sigillaires cannelées)...
- .... *Faisceau de Villars.* (8^{e} à 14^{e} Grüner = Couche de Saint-Chamond)...

.... 14^{e} Grüner. Poudingue de Saint-Chamond.............

Zone de La Talaudière (800^{m})..... *Faisceau de la Chazotte.* (15^{e} à 17^{e} Grüner = série de Chavannes).

.... Gratte rouge d'Izieux ....

Zone de Grande-Croix (400^{m})..... Poudingue mosaïque, avec coulée rhyolitique.

Stéphanien inférieur (Assise de Rive-de-Gier, 600^{m})

Flore à *Pecopteris lamurensis* Heer et *P. arborescens* et Sigillaires cannelées.

- *Faisceau de la Péronnière* (Grande-Masse) :
- Brèche de La Fouillouse.

Les principales rectifications aux données classiques sont les suivantes :

1° *Le Poudingue de Saint-Chamond*, considéré jusqu'ici, depuis Grüner et Grand'Eury, comme formant la base du Stéphanien moyen (Assise de Saint-Étienne), est en réalité une formation lenticulaire intercalée en pleine assise. En le suivant de proche en proche vers l'Ouest, nous constatons qu'il forme le toit de la couche Buissonnière à la Chazotte (= 15^{e} Couche de Grüner). Il en résulte que le faisceau de la Chazotte (15^{e} à 17^{e} couches) lui est inférieur et que ces couches passent, plus à l'Est (Saint-Chamond), à la série schisto-charbonneuse de Chavannes. D'autre part les coupes de la fendue de Langonan et du puits Lacroix ont montré que la *Gratte rouge* d'Izieux supporte ce faisceau, au lieu de couronner la série de Chavannes, comme le pensait Grand'Eury.

C'est en réalité le *Poudingue mosaïque* de Grand'Croix qui constitue la base

du Stéphanien moyen et ce dépôt, qui trahit une surrection du bord nord du bassin, marque une transgression très nette vers le Sud-Ouest du Stéphanien moyen sur l'inférieur (assise de Rive-de-Gier).

2° Au Sud d'un accident dont M. J. de Maistre a montré (²) que le rejet vertical atteint 500^m (faille du puits de la Loire) et qui prend en écharpe le bassin de Saint-Genest-Lerp à Terrenoire, le numérotage des veines, jusqu'à présent admis, doit être remanié de telle sorte que les couches puissantes assimilées à la 3^e Grüner (Grande Couche Montrambert, 3^e Loire), viennent se placer en pleine assise d'Avaize (Stéphanien supérieur), dont elles ont d'ailleurs livré la flore, loin d'être inférieures, comme on le croyait, à la couche des Rochettes. Par suite, l'assise d'Avaize, que l'on supposait épaisse de 400^m, en atteint en réalité 1300, et le Stéphanien du Bassin de Saint-Étienne accuse une puissance de 3500^m, comparable à celle du Westphalien de Westphalie.

Mais ceci n'implique pas que le fond de la cuvette houillère de Saint-Étienne atteigne, dans l'axe du pli, des profondeurs de l'ordre de 3000^m. En effet, on ne trouve jamais sur la même verticale la série complète superposée, car toutes les assises sont transgressives vers le Sud-Ouest, les plus récentes débordant les précédentes dans cette direction, de sorte qu'à la Béraudière, par exemple, non seulement le Stéphanien inférieur, mais encore le Stéphanien moyen productif, font défaut, et c'est à peu de chose près la base de l'assise d'Avaize (8^e couche Béraudière = C. des Rochettes) qui y repose directement sur le socle cristallin.

Vers le haut, l'assise d'Avaize passe en concordance au Permien (couches rouges du Jardin des Plantes) et il n'est pas impossible (ceci est même très probable, car les caractères paléontologiques ne diffèrent guère), que la partie supérieure au moins de cette assise soit contemporaine des couches d'Igornay et de Molloy (Autunien inférieur) du Bassin d'Autun. Ainsi la limite supérieure de l'étage stéphanien, prise en son gisement type, chevaucherait la limite inférieure assignée à l'étage autunien dans la localité où ce dernier a été défini.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur une cécidie foliaire d'*Artemisia vulgaris *L.* Note de MM. **Gustave Nicolas** et **François Nystérakis**.

L'un de nous a été frappé, en août 1947, le long du chemin d'Osséja à Palau-de-Cerdagne (Pyrénées-Orientales), par l'aspect d'une tige d'*Artemisia vulgaris* L., qui présentait, à 25^{cm} de son sommet, une courbure très accentuée, ramenant son extrémité vers le bas, presque parallèlement à la partie normalement dirigée de bas en haut. Dans la courbure, sur la face concave, deux rameaux sont restés très courts, mesurant respectivement 1,5 et 3^{cm}; le premier, inséré au nœud le plus inférieur de la courbure, est pourvu à son aisselle d'une feuille complètement transformée en galle; ces deux rameaux sont couverts de

(²) *Revue Ind. Minérale,* 485, 1944, p. 163.

feuilles-galles, petites, crispées, couleur lie-de-vin. Au-dessus de la courbure, les feuilles sont, les unes normales, les autres plus ou moins galles, pas de rameaux florifères, mais quelques ramifications très courtes, couvertes de galles, sans capitules; au sommet de cette tige, sur une longueur de 4 à 5^{cm}, quelques capitules sessiles.

En plus de sa courbure, qui l'a signalée à notre attention, cette tige se caractérise, d'une part, par le raccourcissement de la région florifère (25^{cm} au lieu de 33 dans une tige normale), et surtout des rameaux florifères eux-mêmes, mesurant au maximum 3 à 4^{cm}, tandis que les plus longs ont, normalement, 8 à 10^{cm}, et, d'autre part, par la réduction du nombre des capitules.

Au cours de nos recherches, nous avons observé l'abondance de cette galle et retrouvé quelques autres courbures, mais moins accentuées que la précédente : l'une à 5^{cm} du sommet, la partie courbée portant plusieurs feuilles-galles; d'autres intéressant des rameaux normalement florifères, qui, restés courts et plus ou moins courbés, étaient couverts de feuilles-galles, sans capitules.

Ces différentes actions sur les feuilles, la tige et les ramifications sont dues à un Aphide, *Cryptosiphum Artemisiæ* Passerini, qui attaque les feuilles de l'Armoise (beaucoup plus, d'ailleurs, que ne l'indiquent les Auteurs) ([1]), où il provoque soit de simples petites excroissances disséminées à la face supérieure, soit des cloques localisées sur les bords, soit la transformation complète de la feuille en galle, qui abrite de nombreux pucerons à sa face inférieure.

Si cette galle, bien connue, a retenu notre attention, c'est dans le but de faire ressortir le rôle complexe de l'Insecte, rôle direct vis-à-vis des feuilles, qu'il déforme, indirect en ce qui concerne la tige et les rameaux, dont il provoque le raccourcissement et la courbure.

A la lueur de recherches récentes, il semble possible d'expliquer ces différentes actions. L'un de nous ([2]) n'a-t-il pas montré que l'acide indol-β-acétique, considéré comme une hétéro-auxine, absorbé par les racines, entraîne le raccourcissement des entre-nœuds de la Vigne, l'un des caractères du Court-noué et établi que les galles phylloxériques de la Vigne étaient dues à une hétéro-auxine sécrétée par l'Insecte?

Il semble logique d'admettre aussi que *Cryptosiphum Artemisiæ* sécrète une auxine capable de provoquer tout d'abord, suivant le nombre des pucerons, des déformations plus ou moins prononcées des feuilles. Cette auxine, abondante tant par le nombre des Insectes qui la produisent que par celui des feuilles-galles, peut se répandre dans les jeunes rameaux porteurs de celles-ci, si elle y diffuse partout, d'une façon uniforme, il en résulte un arrêt dans la

---

([1]) Houard, *Zoocécidies des plantes d'Europe*, **2**, p. 1000; il est question seulement des feuilles terminales, déformées, crispées, rouges, peu développées.

([2]) Fr. Nystérakis, *Comptes rendus*, **221**, 1945, p. 54-56, et **222**, 1946, p. 1133-1134; *C. R. Acad. Agriculture*, **32**, 1946, p. 444-446.

croissance des entre-nœuds. Enfin, lorsque des ramifications ont été ainsi modifiées, sont restées courtes, couvertes de petites feuilles-galles, l'auxine produite très abondamment passe du rameau dans la tige qui le supporte, où elle entraîne un retard dans la croissance de la face sur laquelle ce rameau est inséré, d'où courbure.

La méthode utilisée pour la mise en évidence de l'acide indol-β acétique nous a montré que *Cryptosiphum Artemisiæ* produit de grandes quantités de cette substance.

Ne peut-on se demander, comme l'a déjà fait l'un de nous ([3]), si les monstruosités, si fréquentes chez certains végétaux et même chez certaines familles et dont on cherche depuis longtemps à préciser le mécanisme, ne relèveraient pas de l'intervention des auxines. C'est un nouveau chapitre de la tératologie végétale qui est ouvert.

M. **Georges Bouligand** fait hommage à l'Académie d'un Ouvrage qu'il vient de publier en collaboration avec M. Jean Desbats, intitulé *La Mathématique et son unité*.

M. **Henri Perrier de La Bathie** fait hommage à l'Académie de huit fascicules de la *Flore de Madagascar*, publiée sous la direction de M. Henri Humbert, et contenant des Mémoires dont il est l'auteur : 1° 24e, 25e, 26e, 27e familles : *Scheuchzériacées, Alismatacées, Hydrocharitacées, Triuridacées;* 2° 33e, 34e, 35e familles : *Flagellariacées, Restionacées, Xyridacées;* 3° 38e, 39e familles : *Pontédériacées, Juncacées;* 4° 45e, 46e, 47e, 48e familles : *Iridacées, Musacées, Zingibéracées, Burmanniacées;* 5° 106e famille : *Burséracées;* 6° 114e, 115e, 116e, 117e familles : *Anacardiacées, Aquifoliacées, Célastracées, Hippocratéacées;* 7° 118e famille : *Salvadoracées;* 8° 140e famille : *Flacourtiacées.*

CORRESPONDANCE.

Mmes **Maurice Lambrey, Louis Mazoué,** Mlle **Maryvonne Hamon,** MM. **Paul Aussure, Henri Baulig, François Bellon, Gaston Benneton, Jacques Benoit, André Boivin, Philippe Boulin, Charles Brioux, Henri Burgevin, Maurice Cahuzac, Léon Capdecomme, Robert Capot-Rey, Henri Cartan, Fernand Caujolle, Paul Chauchard, Paul Cordier, Paul Cossa, Georges Darzens, Jean Daujat, Georges Deflandre, Daniel Dugué, Jean Dutheil, Emmanuel Fauré-Frémiet, Charles Fehrenbach, Pierre Ferrand, Ulysse Filippi, Henri Gondet, Jean-Paul Grinda, Henri Gutton, Robert Hardouin, Henri Jacotot, Eugène Joumier, François Jung, Joseph Kampé de Fériet, Antoine Lacassagne, René Lagrange, Raoul Lecoq, Pierre Mallet-Guy,**

([3]) Fr. Nystérakis, *Revue Horticole*, 119e année, 1947, p. 306-315.

Paul Nicaud, Marcel Pauthenier, Henri Perrier de La Bâthie, Paul Perrin, Paul Pesson, Charles Pisot, Charles Robequain, Pierre Savel, Sven Schmidt, Augustin Seguin, Camille Simonin, Nicolas Stoyko, Marcel Thoral, Belling Tsaï, Max Vachon, Joseph Wiemann adressent des remercîments pour les distinctions accordées à leurs travaux.

M^mes^ **Lucien Beille, Paul Bertrand, René Gosse, Paul Reiss, Gilbert Rougier** adressent des remercîments pour les distinctions accordées à leurs maris.

M^me^ **D. Schwartz** adresse des remercîments pour la distinction accordée à son père, **Raymond Berr.**

M^lle^ **Madeleine Cauvin** adresse des remercîments pour la distinction accordée à son oncle, **Stanislas Zaremba.**

MM. **Léon Bertin, Jean Besson, Claude Francis-Bœuf, Guy Mennessier, Émile Peynaud, Jean Ribéreau-Gayon, Marcel Véron**, le Président de la **Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale** adressent des remercîments pour les subventions qui leur ont été accordées pour leurs recherches ou leur Bibliothèque.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Institut des Parcs nationaux du Congo belge. *Flore des Spermatophytes du Parc National Albert.* II. *Sympétales,* par Walter Robyns (présenté par M. Roger Heim).

2° Savoir en Histoire naturelle. Volumes XIX et XX. *Ce qu'il faut savoir des Maladies des Plantes cultivées et de leurs ennemis. La pratique des soins à donner au Potager, au Verger, aux Grandes Cultures,* par Jean Lhoste. Tomes I et II.

3° Id. Volume XXI. *Ce qu'il faut savoir des Plantes médicinales de France,* par R.-Ch. Guilliot. Aquarelles de F. Porchet.

4° Institut de recherches sur le caoutchouc en Indochine. *Cahiers I. R. C. I.* Volume I, 1944.

PRINCIPES DES SCIENCES MATHÉMATIQUES. — *Esquisse d'une Mathématique intuitioniste positive.* Note de M^me^ **Paulette Destouches-Février.**

1. Récemment un certain nombre de mathématiciens, notamment MM. E. Borel [1], A. Denjoy [2], G. Bouligand [3], G. F. C. Griss [4], ont

(1) *Les paradoxes de l'infini,* Paris, 1947, et *Comptes rendus,* 224, 1947, p. 765, 1537 et 1597.

(2) *L'énumération transfinie,* Paris, 1946, et *Comptes rendus,* 224, 1947, p. 1011 et 1129.

(3) *Comptes rendus,* 224, 1947, p. 1747 et 225, 1947, p. 780.

(4) *Proc. Nederland. Akad. v. Wetensch.,* 53, 1944, p. 261 et 49, 1946, p. 1127.

précisé leur position sur les fondements et les méthodes des mathématiques. Il serait possible, comme nous allons le voir, de définir une conception intermédiaire entre l'intuitionisme de Brouwer et l'intuitionisme sans négation de Griss.

2. Si, à la suite de Borel et de Brouwer, on fait jouer un rôle fondamental à la notion de constructibilité, on peut associer à une proposition p deux propositions : $\mathbf{C}p$, *p est constructible*, et $\mathbf{N}p$, *p n'est pas constructible*. $\mathbf{C}$ et $\mathbf{N}$ sont assimilables à des opérateurs de modalité, et l'on peut poser

$$\mathbf{C}^2 = \mathbf{C}, \qquad \mathbf{CN} = \mathbf{N}.$$

On serait tenté de définir $\mathbf{N}$ comme la négation de $\mathbf{C}$, soit $\sim \mathbf{C}$. Si l'on admet l'associativité des opérateurs $\mathbf{N}$, $\mathbf{C}$, $\sim$, en considérant $\mathbf{NN}$ et les relations précédentes, on voit que si la règle de double négation est valable, $\mathbf{NN}$ se réduit à $\mathbf{C}$. Or ceci n'a pas de sens, car si $\mathbf{N}p$ n'est pas constructible, il n'en résulte pas que p soit constructible. Si donc l'on admet (comme Borel) la règle de la double négation pour $\sim$, la modalité $\mathbf{N}$ ne peut se réduire à $\sim \mathbf{C}$. On peut définir une nouvelle négation $\sim_{\mathrm{N}}$ telle que $\sim_{\mathrm{N}} \mathbf{C} =_d \mathbf{N}$, mais la règle de double négation ne vaut pas pour $\sim_{\mathrm{N}}$.

3. La conception empiriste est objectiviste en ce sens qu'une proposition y est vraie ou fausse objectivement, le principe du tiers exclu est valable, mais nos moyens de déterminer la vérité ou la fausseté d'une proposition sont limités à des procédés de construction. Au contraire les conceptions intuitionistes sont subjectivistes en ce sens que les mathématiques sont en devenir, qu'une proposition n'est vraie qu'une fois la construction réussie, qu'il n'existe pas de modèle idéal des notions mathématiques préalable aux pensées mathématiques. La différence se manifeste principalement dans la considération des suites infinies qui, pour un objectiviste, se comportent comme des objets, tandis que pour un intuitioniste ce sont des collections en devenir. La position intuitioniste nécessite l'abandon du principe du tiers exclu; seules les propositions constructibles y ont un sens.

4. Si l'on renonce à la règle de double négation (c'est une conséquence du rejet du tiers exclu), on doit distinguer entre propositions positives et négatives. Une proposition (ou une relation) sera dite *positive* si son expression ne commence pas par un signe de négation. Une proposition (ou une relation) sera dite *négative* si elle est la négation d'une autre proposition. De même une définition est dite *positive* s'il ne figure aucun signe de négation dans la fonction définissante du terme considéré; elle est dite *négative* si un ou plusieurs signes de négation y figurent. En mathématiques classiques on n'attache pas une grande importance à la distinction entre définitions positives et négatives, et comme la règle de double négation est valable, toute proposition est à la fois positive et négative; mais ceci n'a plus lieu si cette règle est rejetée et la distinction entre les caractères positifs et négatifs est fondamentale en intuitio-

nisme. Les définitions et les propositions négatives ne peuvent avoir un sens que si la négation a un sens intuitivement clair, ce qui n'est pas le cas si le tiers exclu et la règle de double négation sont rejetés. Griss a récemment développé un intuitionisme sans négation dans lequel on ne considère que des définitions et des propositions positives, puisque la négation n'a pas un sens clair pour cet auteur.

5. Cette conception nous paraît trop radicale. Nous admettrons avec les intuitionistes qu'un élément mathématique n'*existe*, qu'une proposition n'est *démontrée* qu'une fois réalisée une construction convenable, que les processus de construction ne peuvent être exhaustivement formulés par avance et que la logique doit être considérée comme partie intégrante des mathématiques. Avec Griss nous n'admettrons que des définitions positives ; mais, en opposition avec lui, nous accepterons une certaine notion de négation pourvu qu'elle soit définie d'une manière intégralement positive. D'autre part, il nous paraît que la notion de contradiction ne peut être évitée, mais elle ne doit intervenir qu'une fois définie d'une manière positive (c'est-à-dire sans négation). Nous partirons de la théorie des nombres naturels de Griss. Dans cette théorie sont définies d'une façon positive deux relations binaires entre entiers naturels : *le même*, $=$, et *discernable* $\#$. Nous appellerons *contradiction* la proposition $\varnothing$:

$$\varnothing =_d (a = b) \quad \text{et} \quad (a \# b), \quad \text{ou bien} \quad \varnothing =_d (1 = 2),$$

où a et b sont des nombres appartenant à un ensemble fini d'entiers. Une théorie sera dite *contradictoire* si l'on peut y établir la vérité de $\varnothing$. Le sens du terme *contradictoire* est ici très étroit. Nous définirons alors la négation d'une façon positive à partir de la contradiction par

$$\neg p =_d p \rightarrow \varnothing,$$

et, en dehors de cette définition, nous n'accepterons aucune règle spéciale pour la négation (car un axiome de logique où figurerait la négation ne serait pas une proposition positive). Il en résulte une logique propre à cette conception, et les propriétés de cette négation y apparaissent au moyen de la substitution de $\varnothing$ à une proposition q dans des expressions de la forme $p \rightarrow q$.

Si l'on admet que la notion de nombre entier est intuitivement claire, et que toute définition, et toute démonstration est liée à des constructions, en posant l'exigence du caractère positif de toute définition, y compris celle de la négation, on arrive à une conception nouvelle, que nous appellerons *mathématique intuitioniste positive*, intermédiaire entre celle de Griss et celle de Brouwer et Heyting, et assez proche de celle esquissée par Johansson ([5]).

([5]) *Compositio Math.*, 4, 1936, p. 119.

ALGÈBRE. — *Sur les anneaux locaux*. Note ([1]) de M. **Pierre Samuel**, présentée par M. Élie Cartan.

I. Nous conserverons les notations et la terminologie d'une Note précédente ([2]). Tous les polynomes $P_{\mathfrak{q}}(n)$ (les idéaux $\mathfrak{q}$ étant primaires pour l'idéal maximal d'un anneau local $\mathfrak{O}$) ont même degré d. Nous dirons que d est la *dimension* de $\mathfrak{O}$. On démontre les résultats suivants :

1° Tout idéal $\mathfrak{q}$, primaire pour $\mathfrak{m}$, est engendré par au moins d éléments;

2° Si $\mathfrak{O}/\mathfrak{m}$ est un corps infini et si $\mathfrak{m}$ n'est pas un idéal premier de $\{0\}$, il existe $a \in \mathfrak{m}$ tel que $(\mathfrak{m}^n : \mathfrak{O}a) = \mathfrak{m}^{n-1}$ pour n assez grand. Soit $\overline{\mathfrak{O}} = \mathfrak{O}/\mathfrak{O}a$, $\overline{\mathfrak{m}} = \mathfrak{m}/\mathfrak{O}a$; alors $P_{\overline{\mathfrak{m}}}(n) = P_{\mathfrak{m}}(n) - P_{\mathfrak{m}}(n-1)$;

3° Il existe un idéal primaire pour $\mathfrak{m}$ engendré par d éléments. 1° et 3° montrent que notre définition de la dimension coïncide avec celle de Chevalley (L. R.). Si $\{x_1, \ldots, x_d\}$ engendre un idéal primaire pour $\mathfrak{m}$, $\{x_1, \ldots, x_d\}$ est appelé un *système de paramètres* (s. p.);

4° Si a n'est pas un diviseur de zéro, $(\mathfrak{q}^n : \mathfrak{O}a) \subset \mathfrak{q}^{n-k}$, k étant un entier fixe. En particulier $\dim \mathfrak{O}/\mathfrak{O}a = \dim \mathfrak{O} - 1$, longueur$(\mathfrak{O}a + \mathfrak{q}/\mathfrak{q}^n)$ est un polynome en n de degré d, avec même coefficient de n^d que $P_{\mathfrak{q}}(n)$. En tenant compte du fait (facile à montrer par récurrence sur d, voir L. R.) qu'il existe une chaîne d'idéaux premiers de longueur $d+1$, on voit que notre définition de la dimension coïncide avec celle de Krull (K.).

Nous dirons qu'un anneau local $\mathfrak{O}$ est *homogène* si, pour tout idéal premier $\mathfrak{p}$, $\dim \mathfrak{O} = \dim \mathfrak{O}/\mathfrak{p} + \dim \mathfrak{O}_{\mathfrak{p}}$. Tout anneau local géométrique ([3]), et tout anneau local dont la complétion n'a pas de diviseurs de zéro (C) (*anneau analytiquement irréductible*) est homogène. Nous dirons que $\mathfrak{O}$ est *équidimensionnel* (I) si $\dim \mathfrak{O} = \dim \mathfrak{O}/\mathfrak{p}_i$ pour tout idéal premier minimal $\mathfrak{p}_i$; il est clair que tout anneau homogène est équidimensionnel; un idéal $\mathfrak{A}$ de $\mathfrak{O}$ est dit équidimensionnel si $\mathfrak{O}/\mathfrak{A}$ est équidimensionnel.

II. Considérons le terme de plus haut degré de $P_{\mathfrak{q}}(n)$. Il a la forme $e(\mathfrak{q})n^d/d!$; l'entier naturel $e(\mathfrak{q})$ sera appelé la *multiplicité* de $\mathfrak{q}$; $e(\mathfrak{m})$ est aussi appelé la multiplicité de l'anneau $\mathfrak{O}$. Notre définition de la multiplicité généralise celle de Chevalley (I, p. 13); en effet :

Théorème 1. — *Soit $\mathfrak{O}$ un anneau local complet contenant un corps* L *sur lequel $\mathfrak{O}/\mathfrak{m}$ est fini; soit $\mathfrak{q}$ engendré par le s. p. $\{x_1 \ldots x_d\}$. Posons $\mathfrak{O}' = L[[x_1 \ldots x_d]]$ et supposons que $\mathfrak{O}$ soit un $\mathfrak{O}'$-module régulier. Alors* $[\mathfrak{O} : \mathfrak{O}'] = e(\mathfrak{q})[\mathfrak{O}/\mathfrak{m} : L]$.

Si $\mathfrak{m}$ peut être engendré par un s. p, $\mathfrak{O}$ est dit régulier [« p-Reihenring » (K.)]. Il est facile de voir qu'un anneau local régulier a multiplicité 1.

([1]) Séance du 10 décembre 1947.

([2]) *Une généralisation de polynomes de Hilbert* (*Comptes rendus*, 225, 1947, p. 1111).

([3]) *Trans. Amer. Math. Soc.*, 57, 1945, p. 1-85 (Note I).

Réciproquement tout anneau local homogène de multiplicité 1 est régulier. De plus, dans un anneau local régulier, l'idéal maximal est le seul idéal de multiplicité 1. Enfin :

Théorème 2. — *Soit* $\mathfrak{O}$ *un anneau local homogène,* $\mathfrak{O}/\mathfrak{m}$ *étant un corps infini, et soit* $\mathfrak{q}$ *primaire pour* $\mathfrak{m}$. *Il existe* $\mathfrak{q}' \subset \mathfrak{q}$ *engendré par un s. p. et tel que* $e(\mathfrak{q}') = e(\mathfrak{q})$.

III. Nous appellerons *noyaux* les anneaux locaux désignés par Chevalley sous le nom de *nucleï* (I, p. 4). Soient $\mathfrak{O}$ un anneau local, w un sous-anneau de $\mathfrak{O}$; nous dirons que $\mathfrak{O}$ est *quasi fini* (*q. f.*) sur w si $\mathfrak{O}$ est un w-module régulier et s'il existe un anneau intermédiaire $s(w \subset s \subset \mathfrak{O})$. Ainsi sur w et tel que $\mathfrak{O} = s_m$ (m étant un idéal maximal de s). Rappelons (I, pp. 7, 9) que s est un anneau-semi local (L. R.), que $\mathfrak{O}\mathfrak{p}$ est *q. f.* sur $w_{\mathfrak{p}\cap w}$ ($\mathfrak{p}$ étant premier), que la complétion $\overline{\mathfrak{O}}$ est *q. f.* sur $\overline{w}$, et que $\mathfrak{O}/\mathfrak{A}$ est *q. f.* sur $w/\mathfrak{a}\cap w$ ($\mathfrak{A}$ équidimensionnel). Enfin la propriété de quasi-finitude est transitive. Nous dirons qu'un anneau local est un *anneau à noyau* s'il est *q. f.* sur un noyau. Au moyen d'une généralisation du lemme de normalisation de Noether (I, lemme 2, p. 5, cette généralisation consiste à remarquer que l'idéal $\mathfrak{p}$ n'a pas besoin d'être premier) et de son analogue pour les anneaux de séries formelles, on montre que la classe des anneaux à noyaux est fermée par rapport aux opérations $\mathfrak{O} \rightarrow \overline{\mathfrak{O}}$, $\mathfrak{O} \rightarrow \mathfrak{O}_\mathfrak{p}$, $\mathfrak{O} \rightarrow \mathfrak{O}/\mathfrak{A}$ ($\mathfrak{A}$ équidimensionnel). Les *anneaux locaux géométriques* (I) sont ceux de la sous-classe obtenue en imposant aux anneaux $\mathfrak{A}$ de la troisième opération la condition supplémentaire d'être premiers.

Soit $\mathfrak{q}$ un idéal primaire d'un anneau à noyau $\mathfrak{O}$. L'étude des anneaux à noyau $\mathfrak{O}/\mathfrak{q}$ et $\overline{\mathfrak{O}}/\overline{\mathfrak{O}}\mathfrak{q}$ ($\mathfrak{q}$ primaire pour $\mathfrak{p}$) montre que, en désignant par $\bar{\mathfrak{p}}$ un idéal premier de $\overline{\mathfrak{O}}_\mathfrak{p}$ et par $\tilde{\mathfrak{q}}$ la composante primaire de $\mathfrak{q}\overline{\mathfrak{O}}$ selon $\mathfrak{p}$, on a : *Longueur* $\tilde{\mathfrak{q}}$ = *longueur* $\mathfrak{q}$ (Théorème de transition); comme conséquences immédiates :

1° Prenons $\mathfrak{q} = \mathfrak{p}$. Alors $\mathfrak{p}\overline{\mathfrak{O}}$ est intersection d'idéaux premiers. En d'autres termes : tout anneau local géométrique sans diviseurs de zéro est *analytiquement non ramifié* (cf. I, p. 11);

2° Prenons $\mathfrak{q} = \mathfrak{w}^{(n)}$ ($\mathfrak{w}$ primaire pour $\mathfrak{p}$). Puisque $\widetilde{\mathfrak{w}^{(n)}} = \widetilde{\mathfrak{w}}^{(n)}$, longueur $\mathfrak{w}^{(n)}$ = longueur $\widetilde{\mathfrak{w}}^{(n)}$. En d'autres termes $\mathfrak{P}_{\mathfrak{w}\mathfrak{O}_\mathfrak{p}}(n) = \mathfrak{P}_{\mathfrak{w}\overline{\mathfrak{O}}_{\bar{\mathfrak{p}}}}(n)$. En particulier les *multiplicités* des idéaux engendrés par $\mathfrak{w}$ dans $\mathfrak{O}\mathfrak{p}$ et $\overline{\mathfrak{O}}_{\bar{\mathfrak{p}}}$ sont égales. Si $\mathfrak{w}\mathfrak{O}_\mathfrak{p}$ est engendré par un s. p. nous obtenons le *theorem of transition* de Chevalley (I, p. 22).

THÉORIE DES GROUPES. — *Sur les bases du groupe symétrique d'ordre 7!*
Note ([1]) de M[me] **Sophie Piccard.**

Soit $\mathfrak{S}_7$ le groupe symétrique d'ordre 7!, dont les substitutions portent sur les éléments 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7. Nous disons que deux substitutions S et T du groupe $\mathfrak{S}_7$ sont *connexes* s'il n'existe aucun sous-ensemble propre de l'ensemble {1, 2, 3, 4, 5, 6, 7} composé de la totalité des éléments de certains cycles aussi bien de S que de T. Ainsi les deux substitutions (1 2 3)(4 5)(6 7) et (1 4 6) sont connexes, alors que les substitutions (1 2 3)(4 5)(6 7) et (1 2 4)(3 5) ne le sont pas. Deux substitutions S et T de $\mathfrak{S}_7$ constituent *une base du groupe* $\mathfrak{S}_7$ si toute substitution R de $\mathfrak{S}_7$ peut être obtenue par composition finie de S et T.

Soit $a_1 a_2 a_3 a_4 a_5 a_6 a_7$ une permutation quelconque des nombres 1, 2, ..., 7. Le groupe $\mathfrak{S}_7$ contient des substitutions des 15 types suivants :

type **1**... $(a_1 a_2 a_3 a_4 a_5 a_6 a_7)$
— **2**... $(a_1 a_2 a_3 a_4 a_5 a_6)(a_7)$
— **3**... $(a_1 a_2 a_3 a_4 a_5)(a_6)(a_7)$
— **4**... $(a_1 a_2 a_3 a_4 a_5)(a_6 a_7)$
— **5**... $(a_1 a_2 a_3 a_4)(a_5)(a_6)(a_7)$
— **6**... $(a_1 a_2 a_3 a_4)(a_5 a_6)(a_7)$
— **7**... $(a_1 a_2 a_3 a_4)(a_5 a_6 a_7)$
— **8**... $(a_1 a_2 a_3)(a_4)(a_5)(a_6)(a_7)$
type **9**... $(a_1 a_2 a_3)(a_4 a_5)(a_6)(a_7)$
— **10**... $(a_1 a_2 a_3)(a_4 a_5)(a_6 a_7)$
— **11**... $(a_1 a_2 a_3)(a_4 a_5 a_6)(a_7)$
— **12**... $(a_1 a_2)(a_3)(a_4)(a_5)(a_6)(a_7)$
— **13**... $(a_1 a_2)(a_3 a_4)(a_5)(a_6)(a_7)$
— **14**... $(a_1 a_2)(a_3 a_4)(a_5 a_6)(a_7)$
— **15**... $(a_1)(a_2)(a_3)(a_4)(a_5)(a_6)(a_7)$

Soient S et T deux substitutions du groupe $\mathfrak{S}_7$. Nous dirons que le couple S, T est du type (a, b) si la substitution S est du type a et la substitution T est du type b.

Les propositions suivantes permettent de déterminer toutes les bases du groupe $\mathfrak{S}_7$.

Proposition 1. — Si le couple S, T est de l'un des onze types (1,4), (1,5), (1,7), (1,9), (1,12), (2,4), (2,7), (2,10), (3,7), (4,7), (4,11), alors les deux substitutions S et T sont toujours connexes et elles constituent toujours une base du groupe $\mathfrak{S}_7$.

Proposition 2. — Si le couple S, T est de l'un des 43 types (2,3), (2,5), (2,6), (2,8), (2,9), (2,12), (2,13), (3,4), (3,5), (3,9), (3,14), (4,4), (4,5), (4,6), (4,8), (4,9), (4,10), (4,12), (4,13), (4,14), (5,5), (5,6), (5,7), (5,9), (5,10), (5,11), (5,14), (6,7), (6,9), (6,14), (7,7), (7,8), (7,9), (7,10), (7,11), (7,12), (7,13), (7,14), (9,9), (9,10), (9,11), (9,14), (10,14), les substitutions S et T ne sont pas toujours connexes et la condition nécessaire et suffisante pour que S, T soit une base de $\mathfrak{S}_7$, c'est que S et T soient connexes.

([1]) Séance du 10 décembre 1947.

Proposition 3. — Si le couple S, T est de l'un des deux types (1, 2), (1, 14), les deux substitutions S et T sont toujours connexes, mais elles ne constituent pas toujours une base de $\mathfrak{S}_7$. Notamment, si $S = (a_1 a_2 a_3 a_4 a_5 a_6 a_7)$ et si $T = (a_i a_{i+2} a_{i+1} a_{i+5} a_{i+3} a_{i+4})$ ou si $T = (a_i a_{i+4} a_{i+3} a_{i+5} a_{i+1} a_{i+2})$, ou encore si $T = (a_i a_{i+1})(a_{i+2} a_{i+6})(a_{i+3} a_{i+5})$, i désignant un nombre quelconque de la suite 1, 2, ..., 7 et les indices $i+j$ ($j = 1, 2, 3, 4, 5, 6$) devant être réduits mod 7, de façon à être compris au sens large entre 1 et 7, alors S et T ne constituent pas unc base de $\mathfrak{S}_7$. Dans tous les autres cas où S, T est de l'un des types (1, 2), (1, 14), le couple S, T est une base de $\mathfrak{S}_7$.

Proposition 4. — Si le couple S, T est de l'un des quatre types (2, 2), (2, 11), (2, 14), (11, 14), les deux substitutions S et T ne sont pas toujours connexes et, même si elles sont connexes, elles ne constituent pas toujours une base de $\mathfrak{S}_7$. Notamment si $S = (a_1 a_2 a_3 a_4 a_5 a_6)(a_7)$ et si

	$T = (a_i a_{i+2} a_{i+3} a_{i+1} a_{i+4} a_7)$	ou si	$T = (a_i a_7 a_{i+4} a_{i+1} a_{i+3} a_{i+2})$
ou si	$T = (a_i a_{i+3} a_{i+1} a_{i+2} a_{i+4} a_7)$	»	$T = (a_i a_7 a_{i+4} a_{i+2} a_{i+1} a_{i+3})$
»	$T = (a_i a_{i+4} a_{i+1})(a_{i+2} a_{i+3} a_7)$	»	$T = (a_i a_{i+1} a_{i+4})(a_{i+2} a_7 a_{i+3})$
»	$T = (a_i a_{i+3} a_{i+1})(a_{i+4} a_{i+5} a_7)$	»	$T = (a_i a_{i+1} a_{i+3})(a_{i+4} a_7 a_{i+5})$
»	$T = (a_i a_7)(a_{i+1} a_{i+5})(a_{i+2} a_{i+3})$	»	$T = (a_i a_7)(a_{i+1} a_{i+5})(a_{i+3} a_{i+4})$,

i désignant un nombre quelconque de la suite 1, 2, 3, 4, 5, 6 et les indices $i+j$ ($j = 1, 2, 3, 4, 5$) devant être réduits mod. 6, de façon à être compris au sens large entre 1 et 6, ou enfin si $S = (a_1 a_2 a_3)(a_4 a_5 a_6)(a_7)$ et si $T = (a_i a_j)(a_k a_l)(a_m a_7)$, où i, j, k, l, m sont les nombres de la suite 1, 2, 3, 4, 5, 6, les deux éléments de l'un des deux ensembles φ) $\{a_i, a_j\}$, $\{a_k, a_l\}$ faisant partie d'un même cycle du 3ᵉ ordre de S et les deux éléments du second des ensembles φ) faisant partie de deux cycles différents du 3ᵉ ordre de S, alors les deux substitutions S et T, bien que connexes, ne constituent pas une base de $\mathfrak{S}_7$. Mais dans tous les autres cas où le couple S, T est de l'un des types (2, 2), (2, 11), (2, 14) ou (11, 14), la condition nécessaire et suffisante pour que les substitutions S et T constituent une base du groupe $\mathfrak{S}_7$, c'est qu'elles soient connexes.

Proposition 5. — Le groupe $\mathfrak{S}_7$ ne possède pas d'autres bases que celles comprises par les propositions 1-4.

THÉORIE DES GROUPES. — *Représentations linéaires du groupe affine complexe*. Note de M. **Jacques Courtois**.

Dans le cas du *groupe affine complexe d'un espace vectoriel complexe à* 2N *dimensions*, complétons ce qui a été dit dans la Note précédente [1].

---

[1] *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 850. (Errata à paraître.)

I. Pseudoscalaires. — D'une façon générale, un pseudoscalaire S est une grandeur représentée dans chaque repère par un nombre complexe S_0. Celui-ci, dans une transformation de déterminant

$$\Delta = \rho\, e^{i\varphi},$$

est multiplié par

$$\rho^{w} e^{in\varphi} = |\Delta|^{w-n} \Delta^{n} \qquad [w \text{ quelconque, } n \text{ entier (}^2\text{)}].$$

Soit V^0 la mesure, dans le même repère, du volume

$$V = \left[\vec{x}_1, \ldots, \vec{x}_N\right];$$

la quantité

$$S_0 |V^0|^{-w+n} V^{0\,-n} = q$$

est un scalaire. En tant que fonction de $\vec{x}_1, \ldots, \vec{x}_N$, elle définit S comme un *expanseur généralisé de rang* N. V^0 et $|V^0|$ représentent de même les *capacités* V et $|V|$, correspondant respectivement à

$$w = 1,\ n = 1 \qquad \text{et} \qquad w = 1,\ n = 0,$$

et l'on a

$$S = q\,|V|^{w-n} V^{n}.$$

II. Représentations unitaires. — 1. *Pseudoscalaires.* — On obtient une représentation unitaire irréductible en prenant w *imaginaire pur*.

2. *Groupe des homothéties.* — Soit une homothétie de rapport

$$\lambda = r\, e^{i\theta}.$$

Une grandeur numérique multipliée dans cette homothétie par

$$r^{iu} e^{i\nu\theta} \qquad (u \text{ réel, } \nu \text{ entier}),$$

définit une représentation unitaire irréductible, à une composante, du groupe des homothéties.

Toute fonction numérique continue de λ peut être approchée, uniformément dans tout domaine $0 < \varepsilon \leqq r \leqq R$, par des sommes finies de tels termes.

3. *Cas général.* — Soit f tout élément d'une *représentation unitaire irréductible du groupe unimodulaire complexe* de Gelfand et Neumark (³).

Dans l'homothétie λ, $\Delta = \lambda^n$. Par suite, les homothéties

$$(1) \qquad r = 1, \qquad \theta = \frac{2k\pi}{N}$$

sont des transformations unimodulaires. Soient f_k les transformés de f

---

(²) Nous supposons toujours les fonctions univoques. On pourrait s'en affranchir dans ces définitions.

(³) Doklady, 54, 1946, p. 195.

(avec $f_0 = f$). Les N combinaisons

$$f_{(l)} = \sum_{k=0}^{N-1} e^{-\frac{2ilk\pi}{N}} f_k \qquad (l = 0, 1, \ldots, N-1)$$

sont des vecteurs propres de ces homothéties, multipliés chacun par

$$(2) \qquad e^{\frac{2ilk\pi}{N}},$$

et non tous nuls, puisque

$$\Sigma_l f_{(l)} = f.$$

Mais, les homothéties (1) commutant avec toutes les transformations, les $f_{(l)}$ non nuls engendreraient des représentations irréductibles *distinctes* du groupe unimodulaire. Donc f est un $f_{(l)}$, c'est-à-dire un vecteur propre de (1) pour la valeur propre (2), l étant fixe pour chaque représentation irréductible.

Posons que, dans toute homothétie, f est multiplié par

$$r^{iu} e^{iv\theta},$$

avec

$$iv\frac{2\pi}{N} = \frac{2il\pi}{N} + 2in\pi,$$

soit

$$v = l + nN \qquad (n \text{ entier} \gtrless 0).$$

Toute transformation affine est le produit d'une homothétie et d'une transformation unimodulaire, définies chacune à une transformation (1) près ([4]). La loi de transformation de f s'en déduit et l'on voit que, *pour chaque représentation unitaire irréductible du groupe unimodulaire et pour chaque valeur de u (réel) et n (entier), les f constituent une représentation unitaire du groupe affine.* Celle-ci est *irréductible* puisque toute sous-variété linéaire fermée invariante serait invariante par le groupe unimodulaire.

On retrouve les pseudoscalaires en partant de la représentation triviale du groupe unimodulaire constituée par un invariant.

Pour savoir si l'on a obtenu un système *complet*, il faut attendre un exposé plus détaillé des résultats de Gelfand et Neumark.

([4]) En d'autres termes, le groupe affine est homomorphe au produit direct du groupe des homothéties par le groupe unimodulaire, et s'en déduit en identifiant les transformations (1) des deux groupes facteurs.

THÉORIE DES GROUPES. — *Cascades de groupes topologiques.*
Note de M. **Jean Braconnier**, présentée par M. Élie Cartan.

1. Cette Note complète une Note précédente [1], désignée dans la suite par [L]. Si A est un ensemble *filtrant à gauche* (ordonné par la relation $\prec$), une famille $(G_\alpha)_{\alpha\in A}$ de groupes topologiques satisfaisant aux conditions (L_I) et (L_{II}) de [L] est appelée une *cascade de groupes* (*relativement aux* $H_{\alpha\beta}$ *et aux* $f_{\alpha\beta}$); on dit que le groupe topologique G, défini dans [L], est le *groupe limite* de cette cascade. Soit $\beta\in A$ et H_β l'ensemble des $x\in G$ qui sont classes modulo B d'une famille $(x_\alpha)_{\alpha\in A}$ telle que $x_\beta=f_{\beta\alpha}(x_\alpha)$ si $\alpha\prec\beta$; H_β est un *sous-groupe ouvert* de G, qu'on appelle β-*base* de G, et $x\to x_\beta$ est une *représentation continue* f_β de H_β dans G_β, qu'on appelle β-*projection* de H_β.

Soient Λ un autre ensemble filtrant, L le groupe limite d'une cascade de $(L_\lambda)_{\lambda\in\Lambda}$ (rel. à des $M_{\lambda\mu}$ et des $g_{\mu\lambda}$) et, si $\lambda\in\Lambda$, M_λ la λ-base de L et g_λ la λ-projection de M_λ dans L_λ. Si ψ est une application *croissante de A* sur un *sous-ensemble fondamental* de Λ et si, pour tout $\alpha\in A$, φ_α est une *représentation continue* de G_α dans $L_{\psi(\alpha)}$ (resp. un *isomorphisme* de G_α *sur* $L_{\psi(\alpha)}$) telle que $\varphi_\beta(H_{\alpha\beta})\subset M_{\psi(\alpha)\psi(\beta)}$ (resp. $\varphi_\beta(H_{\alpha\beta})=M_{\psi(\alpha)\psi(\beta)}$) et $\varphi_\beta\circ f_{\beta\alpha}=g_{\psi(\beta)\psi(\alpha)}\circ\varphi_\alpha$ sur $H_{\alpha\beta}$ si $\alpha\prec\beta$, on dit que $(\varphi_\alpha)_{\alpha\in A}$ est une famille de représentations (resp. d'isomorphismes) ψ-*compatible* avec les cascades $(G_\alpha)_{\alpha\in A}$ et $(L_\lambda)_{\lambda\in\Lambda}$.

Théorème 1. — *Si* $(\varphi_\alpha)_{\alpha\in A}$ *est une famille de représentations* (*resp. d'isomorphismes*) ψ-*compatible avec les cascades* $(G_\alpha)_{\alpha\in A}$ *et* $(L_\lambda)_{\lambda\in\Lambda}$, *il existe une représentation continue* φ *de* G *dans* L (*resp. un isomorphisme* φ *de* G *sur* L) *et une seule telle que* $\varphi(H_\alpha)\subset M_{\psi(\alpha)}$ (*resp.* $\varphi(H_\alpha)=M_{\psi(\alpha)}$) et $\varphi_\alpha\circ f_\alpha=g_{\psi(\alpha)}\circ\varphi$ *sur* H_α, *pour tout* $\alpha\in A$.

2. On dit qu'une cascade de groupes *localement compacts* $(G_\alpha)_{\alpha\in A}$ (rel. à des $H_{\alpha\beta}$ et des $f_{\beta\alpha}$) est *propre* si chacune des $f_{\beta\alpha}$ est une application *propre* de $H_{\alpha\beta}$ dans G_β [2]. S'il en est ainsi, le groupe limite G de cette cascade est *localement compact* et chacune des β-projections est une application *propre*. Pour tout $\alpha\in A$, soient L_α un *sous-groupe fermé* de G_α et M_α un *sous-groupe distingué fermé* de L_α tels que $f_{\beta\alpha}(H_{\alpha\beta}\cap M_\alpha)=M_\beta\subset f_{\beta\alpha}(H_{\alpha\beta}\cap L_\alpha)\subset L_\beta$ si $\alpha\prec\beta$. Si $\alpha\prec\beta$, $((H_{\alpha\beta}\cap L_\alpha)M_\alpha)/M_\alpha$ est un sous-groupe *ouvert* de L_α/M_α et $f_{\beta\alpha}$ définit, par « *passage aux quotients* », une représentation *propre* $\tilde{f}_{\beta\alpha}$ de $((H_{\alpha\beta}\cap L_\alpha)M_\alpha)/M_\alpha$ dans L_β/M_β.

---

(1) *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 370-372.

(2) On dit qu'une application continue f d'un espace localement compact E dans un espace localement compact E′ est *propre* si l'image réciproque par f de tout sous-ensemble compact de E′ est un sous-ensemble compact de E. Pour qu'une *représentation* continue f d'un groupe localement compact G dans un groupe localement compact G′ soit *propre*, il faut et il suffit que f soit un *homomorphisme* et que l'image réciproque de l'élément neutre de G′ soit un sous-groupe compact de G. Cf. la condition (L_{IV}) de [L].

THÉORÈME 2. — $(L_\alpha/M_\alpha)_{\alpha\in A}$ *est une cascade propre de groupes localement compacts* [*rel. aux* $((H_{\alpha\beta}\cap L_\alpha)M_\alpha)/M_\alpha$ *et aux* $f_{\beta\alpha}$] *dont le groupe limite est* L/M, $L=\bigcup_{\beta\in A}\bigcap_{\alpha\prec\beta}\overset{-1}{f_\alpha}(L_\alpha)$ *étant un sous-groupe fermé de* G *et* $M=\bigcup_{\beta\in A}\bigcap_{\alpha\prec\beta}\overset{-1}{f_\alpha}(M_\alpha)$ *un sous-groupe distingué fermé de* L.

Réciproquement, si L est un sous-groupe *fermé* de G et M un sous-groupe *distingué fermé* de L, pour tout $\alpha\in A$, $L_\alpha=f_\alpha(H_\alpha\cap L)$ et $M_\alpha=f_\alpha(H_\alpha\cap M)$ satisfont aux conditions du théorème 2 et L/M est le groupe limite de la cascade de groupes $(L_\alpha/M_\alpha)_{\alpha\in A}$. Ce résultat permet d'étudier, en particulier, la structure des sous-groupes et des groupes quotients de G ([3]).

THÉORÈME 3. — *Soient* G *un groupe localement compact,* φ *une représentation biunivoque et continue de* G *dans le groupe limite* L *d'une cascade de groupes séparés* $(L_\lambda)_{\lambda\in\Lambda}$ (*rel. à des* $M_{\lambda\mu}$ *et des* $g_{\mu\lambda}$), G *est alors le groupe limite d'une cascade propre de groupes localement compacts* $(G_\alpha)_{\alpha\in A}$ (*rel. à des* $H_{\alpha\beta}$ *et des* $f_{\beta\alpha}$) *telle que :*

a. Il existe une application croissante ψ *de* A *sur un sous-ensemble fondamental de* Λ *et une famille* $(\varphi_\alpha)_{\alpha\in A}$ *de représentations* ψ*-compatible avec les cascades* $(G_\alpha)_{\alpha\in A}$ *et* $(L_\lambda)_{\lambda\in\Lambda}$ *et la représentation de* G *dans* L *qu'elle définit* (d'après le théorème 1) *est* φ.

b. Pour tout $\alpha\in A$, *il existe un voisinage symétrique et compact* U *de l'élément neutre de* G, *contenu dans la* α*-base de* G; *l'image* U_α *de* U *par la* α*-projection est un voisinage de l'élément neutre engendrant* G_α *et la restriction de* φ_α *à* U_α *est une application biunivoque* ([4]).

Dans une prochaine Note, nous donnerons diverses applications de ces résultats à l'étude de la structure des groupes localement compacts.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur le cas irrégulier du problème de la dérivée oblique lorsque le nombre des variables est supérieur à deux.* Note de M. **MAURICE GEVREY.**

Étant donné un domaine borné et ouvert Ω à m dimensions, la résolution des problèmes aux limites du type elliptique dans lesquels la condition donnée

---

([3]) Toutes les propriétés énoncées dans cette Note (jusqu'au théorème 3) restent vraies lorsqu'on remplace les mots « groupes topologiques », « sous-groupes », « représentations », « compact », « localement compact » respectivement par les mots « espaces vectoriels linéairement topologisés », « sous-espaces », « représentations linéaires », « linéairement compact », « localement linéairement compact » avec le sens donné à ces derniers dans *Algebraic Topology*, S. LEFSCHETZ (*Amer. Math. Soc. Publ.*, XXVII, Chap. II, § 6).

([4]) Ce théorème est la clé de tous les résultats généraux sur la structure des groupes compacts, abéliens localement compacts, connexes et maximalement presque périodiques, donnés par A. WEIL dans *L'Intégration dans les groupes topologiques* (*Act. Scient. et Ind.*, n° 869, §§ 25, 26 et 32).

sur la frontière S comporte une dérivée oblique (c'est-à-dire prise dans une direction l variant continûment et non identique à la conormale) n'a été effectuée, pour $m > 2$, que dans le cas *régulier* où l ne peut devenir tangente à S. Nous avons donné antérieurement une première méthode convenant à tous les cas pour $m = 2$, puis une seconde propre au cas régulier pour $m > 2$, l'une et l'autre n'utilisant pas les intégrales principales ([1]). Nous allons indiquer comment on peut modifier la seconde pour l'appliquer au cas général de l quelconque.

Pour les *fonctions harmoniques* notre procédé était basé sur l'emploi de l'intégrale $\mathfrak{U}_P^M = -\int_{\gamma_M} \left[\frac{\partial PQ^{2-m}}{\partial n}\right]_Q ds_Q$, l'indice Q signifiant que la dérivée est prise en Q suivant la direction n de la normale intérieure à S en $M : P(x_i)$ est un point de Ω et γ_M un vecteur issu de M, opposé à l et de longueur constante telle qu'il soit toujours extérieur à Ω; Q est un point courant de γ_M. Alors, si ρ est une fonction continue de M sur S, O un point de S et l_0 la direction oblique donnée en O, la dérivée $\partial I/\partial l_0$, prise en P, de l'intégrale $I = \int_S \mathfrak{U}_P^M \rho_M \, dS_M$ prend, lorsque P tend vers O, la valeur limite (σ_m^* aire de l'hypersphère unitaire)

$$I'_0 = \frac{1}{2}(m-2)\sigma_m^* \rho_0 + \int_S \frac{\partial U_0^M}{\partial l_0} \rho_M \, dS_M, \tag{1}$$

cette dernière intégrale ayant un sens si le champ des n et des l est höldérien. Cette formule permet de déterminer une fonction harmonique u, mise sous la forme I, satisfaisant sur S à une relation linéaire entre u et $\partial u/\partial l$ prise au sens limite; mais le procédé ne convient que si le produit scalaire **ln** des unitaires de l et n reste supérieur à un nombre positif.

Supposons maintenant que l puisse devenir tangente à S en des points constituant des multiplicités d'ordre $\leq m-2$ et contenus dans un nombre fini de multiplicité d'ordre $m-1$ formant un ensemble S_1, de sorte que, pour les points de $S - S_1$, l ne sera pas tangente à S et nous définirons $\mathfrak{U}$ comme ci-dessus. Pour les points de S_1, γ_M sera un arc de longueur constante extérieur à Ω, tel que le champ des tangentes à l'ensemble des γ_M soit lipschitzien et que l'unitaire de la demi-tangente à γ_M en M soit ε**l**, ε étant le signe de $-$**ln**. Dans l'intégrale $\mathfrak{U}$ on remplacera le signe $-$ par ε et les discontinuités de ε ne pourront avoir lieu qu'en des points où, M variant sur S_1, l deviendra tangente (ce qui se produit, par exemple, pour $m = 3$ quand S_1 est le voisinage d'une ligne le long de laquelle l est tangente à S_1 et passe de l'intérieur à l'extérieur de Ω quand M traverse cette ligne). Si O est un point de S_1 et λ_i^0, μ_i, μ_i^0 les

---

([1]) *Comptes rendus*, **214**, 1942, p. 206 et 854. S'y reporter pour les références à d'autres Auteurs.

cosinus directeurs de l_0 et des tangentes positives à γ_M en $Q(y_i)$ et O (avec $\lambda_i^0 = \varepsilon \mu_i^0$), on aura

$$\left[\frac{\partial I}{\partial l_0}\right]_P = \int_S \sum \lambda_i^0 \frac{\partial \mathcal{U}_P^M}{\partial x_i} \rho_M \, dS_M = \int_S \varepsilon \sum \mu_i \frac{\partial \mathcal{U}_P^M}{\partial x_i} \rho_M \partial S_M + \int_S \sum (\lambda_i^0 - \varepsilon \mu_i) \frac{\partial \mathcal{U}_P^M}{\partial x_i} \rho_M \, dS_M,$$

$$\varepsilon \sum \mu_i \frac{\partial \mathcal{U}_P^M}{\partial x_i} = -\int_{\lambda_M} \sum \mu_i \frac{\partial^2 PQ^{2-m}}{\partial n \, \partial y_i} ds_Q = -\int_{\gamma_M} d \frac{\partial PQ^{2-m}}{\partial n} = \frac{\partial PM^{2-m}}{\partial n} + \varphi_P^M,$$

φ étant une fonction continue indéfiniment dérivable en P dans $\Omega + S$. Donc $\partial \mathcal{U}/\partial l_0$ comprend un potentiel de double couche et une intégrale qui, puisque $\lambda_i^0 - \varepsilon\mu_i$ vaut O(OQ), est comparable à $\int_S dS_M \int_{\gamma_M} PQ^{1-m} ds_Q$; celle-ci s'étudie à l'aide des intégrales J_μ introduites dans un Mémoire antérieur (²), ce qui permet d'établir le résultat suivant : H étant le point où la parallèle menée par Q à n_M coupe S et h la plus petite des longueurs QH pour tous les points Q tels que l'arc MQ ait la même valeur s, si l'intégrale $\int_{\gamma_M} \mathcal{L} h \, ds$ a un sens, $\partial I/\partial l_0$ a en O une valeur limite I'_0 de même forme que (1), *ce qui permet de résoudre le même problème aux limites.*

Nous pourrons ensuite le résoudre pour une équation *du type elliptique généralisé* et même pour un *système d'équations intégro-différentielles* par la méthode que nous avons donnée dans la seconde Note rappelée ci-dessus.

Le problème préliminaire consiste donc à déterminer la famille des γ_M. On pourra partager S_1 en domaines rapportés à des axes locaux dans lesquels Ox_1 sera la normale en un point O, puis prendre comme variables $x_2, \ldots, x_m$ et utiliser les courbes telles que les rapports dx_i/λ_i soient égaux. Ou bien, on construira des fonctions réduisant sur S_1 aux λ_i à l'aide d'intégrales I_μ du Mémoire cité (le champ des n et des l étant lipschitzien).

Nous n'avons pu aborder la question de l'*unicité*. Pour $m = 3$ par exemple, on sait que, si Ω est plongé dans une congruence $u(P) = \alpha$, $v(P) = \beta$, l étant tangente en chaque point M de S à la courbe de la congruence qui passe en M, le problème *homogène* pour les fonctions *harmoniques* peut admettre une infinité de solutions. D'autre part, si l n'est *jamais extérieure*, on peut trouver des critères analogues à ceux que nous avons donné pour l'équation générale du type elliptique quand l est la conormale (³).

(²) *Annales de l'École Normale*, **52**, 1935, p. 61.

(³) BOULIGAND, etc., *Problème de la dérivée oblique*, Paris, 1934, p. 14 et 72; GEVREY, *Journal de Math.*, **9**, 1930, p. 74, ainsi que le Mémoire ci-dessus, p. 103, en Note.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Réduction d'une forme quadratique dans le groupe canonique linéaire.* Note [1] de M. **Henri Mineur**, présentée par M. Joseph Pérès.

1° Soit $H(q_1, \ldots, q_n, p_1, \ldots, p_n)$ un hamiltonien homogène quadratique. Les solutions des équations de la mécanique sont alors de la forme

$$S_\lambda q_k = Q_k(t)e^{\lambda t}, \qquad p_k = P_k(t)e^{\lambda t},$$

où les Q_k et les P_k sont des polynomes et λ racine de l'équation caractéristique. Lorsque cette équation a ses racines distinctes, la réduction de H par une transformation canonique a été effectuée par Hamilton, qui trouve pour réduite

$$H = \sum_{i=1}^{n} \lambda_i p_i q_i.$$

Je me suis proposé d'obtenir une réduite de H lorsque l'équation caractéristique a des racines multiples.

2° Si $S(q, p)$ et $S'(q', p')$ sont deux solutions, la quantité

$$[S \times S'] = \sum_{k=1}^{n} (q_k p'_k - q'_k p_k)$$

est constante. J'appelle congrues deux solutions pour lesquelles cette constante est nulle et conjuguées deux solutions pour lesquelles elle est différente de zéro.

Afin de simplifier l'écriture, je considère un hamiltonien dont l'équation caractéristique n'a que quatre racines λ, $-\lambda$, λ' et $-\lambda'$ d'ordres respectifs n_1 et $n - n_1$. Je montre que, par changement canonique de variables, H se décompose en une somme de deux hamiltoniens

$$H = H_1(q_1 \ldots q_{n_1}, p_1 \ldots p_{n_1}) + H_2(q_{n_1+1} \ldots q_n, p_{n_1+1} \ldots p_n),$$

où l'équation caractéristique de H_1 admet les seules racines λ et $-\lambda$ à l'ordre n_1 et celle de H_2, les racines λ' et $-\lambda'$ à l'ordre $n - n_1$.

Pour cela, je substitue à un système de solutions

$$S_\lambda^{(i)}, \quad S_{-\lambda}^{(i)} \quad (i = 1, 2, \ldots n_1); \qquad S_{\lambda'}^{(i')}, \quad S_{-\lambda'}^{(i')} \quad (i' = 1, 2, \ldots, n - n_1),$$

un nouveau système fonction linéaire du premier, tel que

$$[S_\lambda^{(i)} \times S_\lambda^{(j)}] = 0, \qquad [S_{-\lambda}^{(i)} \times S_{-\lambda}^{(j)}] = 0,$$
$$[S_\lambda^{(i)} \times S_{-\lambda}^{(j)}] = \varepsilon_{ij}, \qquad [S_\lambda^{(i)} \times S_{\lambda'}^{(i')}] = 0,$$
$$[S_\lambda^{(i)} \times S_{-\lambda'}^{(i')}] = 0.$$

Les mêmes identités étant valables en échangeant λ et λ', et j'utilise les

---

[1] Séance du 10 décembre 1947.

termes constants des polynomes Q et P qui figurent dans ces solutions comme coefficients de la transformation réductrice.

3° La méthode précédente s'étend avec une légère modification au cas où une racine de l'équation caractéristique est nulle.

4° Il reste à traiter de la réduction de H lorsque l'équation caractéristique admet seulement deux racines opposées de même ordre.

Je considère dans ce but ce que j'appelle les groupes de solutions qui sont de la forme

$$S_\lambda^{(m)} \begin{cases} q_k = Q_k e^{\lambda t}, \\ p_k = P_k e^{\lambda t}, \end{cases}$$

$$\dots\dots\dots\dots\dots\dots,$$

$$S_\lambda^{(m-i)} \begin{cases} q_k = \dfrac{d^{m-i} Q_k}{dt^{m-i}} e^{\lambda t}, \\ p_k = \dfrac{d^{m-i} P_k}{dt^{m-i}} e^{\lambda t}, \end{cases}$$

$$\dots\dots\dots\dots\dots\dots$$

$$S_\lambda^{0} \begin{cases} q_k = \dfrac{d^{m} Q_k}{dt^{m}} e^{\lambda t}, \\ p_k = \dfrac{d^{m} P_k}{dt^{m}} e^{\lambda t}, \end{cases}$$

les Q_k et P_k étant de degrés maxima m.

$S_\lambda^{(m)}$ est dite solution maximum et $S_\lambda^{(0)}$ solution minimum.

Une solution minimum correspondant à λ ne peut être conjuguée qu'à une solution maximum correspondant à $-\lambda$.

A chaque groupe $S_\lambda^{(i)}$ correspond un groupe $S_{-\lambda}^{(i)}$ de même nombre m de solutions et, par transformation linéaire, on remplace ces groupes par de nouveaux groupes tels que

$$[S_\lambda^i \times S_\lambda^j] = \varepsilon_{i,m-j},$$

les solutions de deux autres groupes différents étant congrues avec les précédentes.

J'utilise les termes constants des polynomes qui figurent en facteurs dans ces solutions comme coefficients de la transformation qui réduit H à une somme d'hamiltoniens de la forme

$$\lambda \sum_{i=1}^{m} q_i p_i + \sum_{k=1}^{m-1} q_k p_{k+1}.$$

Telle est la réduite cherchée.

5° Cette réduction permet d'établir le théorème :

Tout hamiltonien quadratique est en involution avec n autres hamiltoniens

quadratiques réductibles aux formes :

$$f_0=\sum_{i=1}^{m} q_i p_i, \qquad f_1=\sum_{i=1}^{m-1} q_i p_{i+1}, \qquad \ldots,$$

$$f_h=\sum_{i=1}^{m-h} q_i p_{i+h}, \qquad \ldots, \qquad f_{m-1}=q_1 p_m.$$

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur le rapport entre les systèmes de postulats caractérisant les valeurs moyennes quasi arithmétiques symétriques.* Note de M. **Jean Horváth**, présentée par M. Paul Montel.

Dans cette Note, je me propose de montrer que le théorème récent de M. J. Aczél (¹) caractérisant les fonctions $m(x_1, x_2)$ de la forme

$$m(x_1, x_2)=f^{-1}\left(\frac{f(x_1)+f(x_2)}{2}\right),$$

où $f(x)$ est une fonction continue et croissante au sens restreint et $f^{-1}(y)$ sa fonction inverse, peut être déduit d'une légère modification du théorème de Kolmogoroff-Nagumo (²). Cette démonstration ne met pas seulement en évidence le rapport entre les deux systèmes de postulats, mais est en même temps plus simple que celle donnée par l'auteur.

Théorème I (Kolmogoroff-Nagumo). — *Considérons une suite illimitée de fonctions*

$$m(x_1, x_2), \quad m(x_1, x_2, x_3, x_4), \quad \ldots, \quad m(x_1, x_2, \ldots, x_{2^n}), \quad \ldots$$

à 2^n *variables* ($n=1, 2, 3, \ldots$), *définies dans l'intervalle* $a\leqq x_i\leqq b$, *qui satisfont aux conditions suivantes :*

a. $m(x_1, x_2, \ldots, x_{2^n})$ *est symétrique par rapport à ses variables;*

b. $m(x, x, \ldots, x)=x$;

c. si $x_1<x'_1$, $m(x_1, x_2, \ldots, x_{2^n})<m(x'_1, x_2, \ldots, x_{2^n})$;

d. $\lim_{\nu} m(x_1^{(\nu)}, x_2^{(\nu)}, \ldots, x_{2^n}^{(\nu)})=m\left(\lim_{\nu} x_1^{(\nu)}, \lim_{\nu} x_2^{(\nu)}, \ldots, \lim_{\nu} x_{2^n}^{(\nu)}\right)$;

e. $m(x_1, \ldots, x_{2^k}, x_{2^k+1}, \ldots, x_{2^n})=m(m_k, \ldots, m_k, \ldots, x_{2^k+1}, x_{2^n})$

où

$$m_k=m(x_1, x_2, \ldots, x_{2^k}) \qquad (0\leqq k\leqq n).$$

Il existe une fonction $f(x)$, *définie dans l'intervalle* $a\leqq x\leqq b$, *continue et*

(¹) *The notion of mean values* (*Det Kongelige Norske Videnskabers Selskab Forhandlinger*, **19**, 1946, p. 83-86).

(²) Kolmogoroff, *Sur la notion de la moyenne* (*Atti dei Lincei*, (6), **12**, 1930, p. 388-391); Nagumo, *Ueber eine Klasse von Mittelwerte* (*Jap. Journ. of Math.*, **7**, 1930, p. 71-79).

croissante au sens restreint, permettant d'écrire

$$m(x_1, x_2, \ldots, x_{2^n}) = f^{-1}\left(\frac{f(x_1)+f(x_2)+\ldots+f(x_{2^n})}{2^n}\right). \tag{1}$$

Démonstration. — Définissons la fonction $\varphi(y)$ sur les points dyadiques de l'intervalle $0 \leqq y \leqq 1$ en posant

$$\varphi\left(\frac{p}{2^n}\right) = m(\underbrace{a, a, \ldots, a}_{(2^n-p)\text{ fois}}, \underbrace{b, b, \ldots, b}_{p\text{ fois}}) \qquad [\varphi(0)=a, \varphi(1)=b].$$

On voit sans peine que $\varphi(y)$ est continue, croissante au sens restreint et qu'elle satisfait à l'équation fonctionnelle

$$\varphi\left(\frac{u_1+u_2+\ldots+u_{2^n}}{2^n}\right) = m(\varphi(u_1), \varphi(u_2), \ldots, \varphi(u_{2^n})).$$

Étendant la définition de $\varphi(y)$ d'une manière évidente sur tout l'intervalle $0 \leqq y \leqq 1$ on obtient la fonction inverse de la fonction cherchée $f(x)$.

THÉORÈME 2. — (Aczél). *Considérons la fonction $m(x_1, x_2)$ définie dans l'intervalle $a \leqq x_1, x_2 \leqq b$ et satisfaisant aux conditions suivantes :*

A. $m(x_1, x_2) = m(x_2, x_1)$;
B. $m(x, x) = x$;
C. *si* $x_1 < x'_1$, $m(x_1, x_2) < m(x'_1, x_2)$;
D. $\lim_{\nu} m(x_1^{(\nu)}, x_2^{(\nu)}) = m(\lim_{\nu} x_1^{(\nu)}, \lim_{\nu} x_2^{(\nu)})$;
E. $m(m(x_1, x_2), m(x_3, x_4)) = m(m(x_1, x_3), m(x_2, x_4))$.

Il existe une fonction $f(x)$ définie dans $a \leqq x \leqq b$, continue et croissante au sens restreint, permettant d'écrire

$$m(x_1, x_2) = f^{-1}\left(\frac{f(x_1)+f(x_2)}{2}\right).$$

Démonstration. — Définissons une suite illimitée de fonctions à 2^n variables $(n = 1, 2, 3, \ldots)$ en posant

$$m(x_1, x_2) = m(x_1, x_2),$$
$$m(x_1, x_2, x_3, x_4) = m(m(x_1, x_2), m(x_3, x_4)),$$
$$\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots,$$
$$m(x_1, x_2, \ldots, x_{2^n}) = m(m(\ldots, m)(m(x_1, x_2), m(x_3, x_4)), \ldots),$$
$$\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots$$

On voit aisément que cette suite satisfait aux conditions $a, \ldots, e$ du théorème 1, ce qui démontre le théorème.

TOPOLOGIE. — *Sur l'existence de certains champs tensoriels sur les sphères à n dimensions*. Note de M. **Adrian Kirchhoff**, présentée par M. Élie Cartan.

1. Une transformation linéaire de l'espace vectoriel réel R^n à n dimensions est dite *du type* J si elle ne possède pas de valeur propre réelle. Les transformations de ce type ne sont jamais singulières et elles n'existent que si n est pair.

Soit V^n une variété différentiable et orientable, à n dimensions.

Considérons un champ continu de tenseurs mixtes de seconde espèce a^j_k, défini sur V^n; en tout point $p \in V^n$ le tenseur définit une transformation linéaire de l'espace R^n_p des vecteurs tangents à V^n en p. S'il existe un champ a^j_k tel que toutes ces transformations soient du type J, nous dirons que la variété V^n est du type J; dans ce cas, $n = 2m$.

Nous allons montrer (n° 4) que pour une infinité de nombres $n = 2m$ les sphères S^n ne sont pas du type J.

2. La notion de variété du type J a été introduite récemment par M. H. Hopf au cours de ses recherches sur les variétés complexes. V^{2m} est dite complexe si l'on peut recouvrir V^{2m} par des systèmes de coordonnées locaux complexes $(z_1, \ldots, z_m)$, etc., de telle façon que le passage d'un de ces systèmes à l'autre dans un domaine commun d'existence soit défini par des fonctions analytiques de variables complexes. En multipliant par i les composantes complexes des vecteurs tangents à V^{2m}, on définit dans les espaces R^{2m}_p des tranformations du type J; ainsi les variétés complexes sont du type J. Toute surface orientable V^2 est une variété complexe.

M. Hopf a montré qu'il y a une infinité de variétés orientables V^{2m} qui ne sont pas du type J, donc non complexes; parmi ces variétés figurent les sphères S^4 et S^8; pour les autres sphères, la méthode de M. Hopf n'a pas donné de résultat (1).

3. Soit $\mathfrak{L}_k$ le groupe des transformations linéaires et non singulières de l'espace réel R^k. Pour deux vecteurs e, x, non nuls, de R^k il y a toujours une infinité de transformations $L \in \mathfrak{L}_k$ telles que $Le = x$. On peut se demander si $\mathfrak{L}_k$ contient une famille $\{L_x\}$ *simplement transitive* telle que, e étant fixe, on ait $L_x e = x$ pour tout x, L_x étant une fonction continue de x.

De telles familles simplement transitives existent dans $\mathfrak{L}_k$ pour $k = 2, 4, 8$; on les trouve facilement en interprétant les vecteurs de ces espaces R^k comme

(1) Voir le travail de M. H. Hopf (*Zur Topologie der komplexen Mannigfaltigkeiten*) qui sera publié prochainement. Dans une conférence tenue au *Colloque sur la Topologie algébrique* (Paris, juin-juillet 1947) sous le titre *Sur les champs d'éléments de surface dans les variétés à 4 dimensions*, M. Hopf a déjà communiqué les résultats exposés au n° 5 mais sans mentionner explicitement la notion de variété du type J.

nombres complexes, quaternions ou nombres de Cayley. On ne connaît pas de familles analogues pour d'autres valeurs de k. L'énoncé suivant est simple à vérifier : si $\mathfrak{L}_k$ contient une famille simplement transitive, la sphère S^{k-1} admet un parallélisme; autrement dit : il existe $k-1$ champs vectoriels tangents à S^{k-1} tels que les vecteurs sont indépendants en chaque point. Or les travaux de M. B. Eckmann (²) et de M. G. Whitehead (³) ont montré que la condition suivante est nécessaire à l'existence d'un parallélisme sur S^{k-1} : $k-1=1$ ou $k-1=3$ ou $k=1\equiv(\text{mod } 8)$. Donc, si $\mathfrak{L}_k$ contient une famille continue et simplement transitive et si $k>4$, on a nécessairement $k=8q$.

Théorème 4. — *Si la sphère S^n est une variété du type J, le groupe $\mathfrak{L}_{n+2}$ contient une famille continue et simplement transitive.*

En joignant ce théorème aux remarques faites sous 3 et 2, on obtient les deux propositions suivantes :

Corollaire I. — *Si $n>2$ et $n\neq 8r+6$, la sphère S^n n'est pas du type* J.

Corollaire II. — *Si $n>2$ et $n\neq 8r+6$, la sphère S^n n'est pas une variété complexe.*

5. *Démonstration du théorème.* — Supposons l'espace vectoriel R^{n+2} pourvu d'une métrique euclidienne; R^{n+1}, un sous-espace de R^{n+2}; e, le vecteur unitaire normal à R^{n+1}; S^n, la sphère formée des vecteurs y_1 de longueur l dans R^{n+1}; $R^n_{y_1}$, le sous-espace de R^{n+1}, perpendiculaire à y_1. Puisque S^n est du type J, il existe pour tout y_1 une transformation linéaire f_{y_1} de $R^n_{y_1}$ du type J et dépendant de y_1 d'une manière continue. Nous entendons par L_{y_1} la transformation linéaire de R^{n+2} qui est définie par les conditions suivantes : $L_{y_1}e=y_1$, $L_{y_1}y_1=-e$, $L_{y_1}z=f_{y_1}z$ pour $z\in R^n_{y_1}$; posons encore $L_y=\alpha L_{y_1}$, où $y_1\in R^{n+1}$, $y=\alpha y_1$, $\alpha\geqq 0$, y_1 de longueur l. Ces transformations L_y sont, pour $y\neq 0$, du type J et l'on a $L_y e=y$ pour tout $y\in R^{n+1}$. Soit maintenant x un vecteur arbitraire de R^{n+2}; nous le décomposons en $x=\lambda e+y$, $y\in R^{n+1}$, et définissons $L_x=\lambda E+L_y$, où E désigne la transformation identique de R^{n+2}. Comme L_y est du type J(pour $y\neq 0$), L_x n'est pas singulière (pour $x\neq 0$); on a $L_x e=\lambda e+y=x$, et les L_x sont des fonctions continues de x; donc, L_{n+2} contient une famille simplement transitive.

6. La réciproque de notre théorème est-elle vraie pour des $n>2$? Sauf dans le cas où $n=6$, nous ne pouvons donner de réponse.

S^6 *est une variété du type* J. — Cet énoncé est un cas particulier d'un théorème général de M. Ch. Ehresmann relatif aux variétés V^6 (⁴). On peut le vérifier en construisant explicitement un champ tensoriel a^j_k convenable sur S^6;

(²) *Comm. math. helv.*, 15, 1942, p. 1-26.

(³) *Annals of Math.*, 43 1942, p. 61-64 et 47, 1946, p. 779-785.

(⁴) Voir le résumé de la conférence de M. Ch. Ehresmann *Sur la théorie des espaces fibrés,* faite au Colloque cité Note (¹).

on interprétera, pour cette construction, les points de la sphère S^6 comme les nombres de Cayley purement imaginaires et de module 1. Cependant nous ne savons pas si S^6 est une variété complexe.

GÉOMÉTRIE. — *Sur une sphère associée au tétraèdre.*
Note de M. **Victor Thébault**, présentée par M. Élie Cartan.

NOTATIONS. — Dans un tétraèdre quelconque $T \equiv ABCD$ inscrit dans une sphère (O), soient A', B', C', D' les pieds des hauteurs AA', BB', CC', DD' qui percent la sphère (O) en A_1, B_1, C_1, D_1 ; G le centre de gravité ; M le point de Monge ; K le *premier* point de Lemoine.

1. THÉORÈME. — *Le tétraèdre* $t \equiv M_a M_b M_c M_d$ *dont les sommets coïncident avec les points de Monge des tétraèdres* $T_a \equiv A_1BCD$, $T_b \equiv B_1CDA$, $T_c \equiv C_1DAB$, $T_d \equiv D_1ABC$ *est le transformé du tétraèdre podaire, dans le tétraèdre* T, *du centre* O_{12} *de la sphère des douze points de celui-ci, par l'homothétie* (G, 3).

Les points M, M_a, M_b, M_c, M_d étant les transformés des centres de gravité des tétraèdres T, T_a, T_b, T_c, T_d par l'homothétie (O, 2), les droites MM_a, MM_b, MM_c, MM_d sont normales aux plans BCD, CDA, DAB, ABC. De plus, les distances de M aux mêmes plans des faces de T sont égales à [1]

$$\frac{1}{2}A'A_1,\quad \frac{1}{2}B'B_1,\quad \frac{1}{2}C'C_1,\quad \frac{1}{2}D'D_1,$$

et les distances de M_a au plan BCD, de M_b au plan CDA, de M_c au plan DAB, de M_d au plan ABC, à

$$\frac{1}{2}A'A,\quad \frac{1}{2}B'B,\quad \frac{1}{2}C'C,\quad \frac{1}{2}D'D;$$

de sorte que

$$MM_a = \frac{1}{2}AA_1,\qquad MM_b = \frac{1}{2}BB_1,\qquad MM_c = \frac{1}{2}CC_1,\qquad MM_d = \frac{1}{2}DD_1.$$

Or, les distances du point O_{12} aux plans des faces de T sont

$$\frac{1}{6}AA_1,\quad \frac{1}{6}BB_1,\quad \frac{1}{6}CC_1,\quad \frac{1}{6}DD_1,$$

et le théorème est démontré.

COROLLAIRE I. — *Les tétraèdres* T, *t sont orthologiques, les centres d'orthologie étant le point* M *de Monge et le conjugué isogonal* O'_{12}, *dans le tétraèdre fondamental, du centre* O_{12} *de la sphère des douze points de* T.

COROLLAIRE II. — *Dans un tétraèdre* T, *le premier point de Lemoine* K *se confond avec le centre des moyennes distances des projections orthogonales* A_2, B_2, C_2, D_2 *des points de Monge des tétraèdres* T_a, T_b, T_c, T_d *sur les hauteurs* AA',

(1) Cf. V. THÉBAULT, *Comptes rendus*, **218**, 1944, p. 262.

BB′, CC′, DD′, *affectées de masses proportionnelles aux carrés des aires des faces.*

Car les points A_2, B_2, C_2, D_2 divisent les hauteurs dans le même rapport ([2])

$$A_2A : A_2A' = B_2B : B_2B' = C_2C : C_2C' = D_2D : D_2D' = 3.$$

2. Sphère remarquable. — Théorème. — *La sphère circonscrite au tétraèdre t se confond avec la sphère podaire, dans le tétraèdre anticomplémentaire* T_1 *de* T, *du point* M *de* Monge. *Son centre* O′ *est aligné sur le centre* O *de la sphère* (O) *et sur le conjugué isogonal* O'_{12}, *dans le tétraèdre fondamental, du centre* O_{12} *de la sphère des douze points de celui-ci, et partage la distance* OO'_{12} *dans le rapport de* 2 *à* 1.

En effet, la sphère podaire de M dans T_1 est la transformée de la sphère (O′) par l'homothétie (G, 3). Ensuite, O_{12} partage OG dans le rapport 4:1 et le centre ω de la sphère podaire de O_{12} dans T divise GO′ dans le rapport 1:2. Le théorème de Menelaüs, appliqué au triangle $G\omega O_{12}$ et à la transversale $O'O'_{12}$, puis au triangle GOO′ et à la transversale $O_{12}\omega$, achève la démonstration.

N. B. — Si O_{12} est sur la surface cubique de Cayley (C), *la sphère* (O′) *se réduit à un plan* (π) *transformé, par l'homothétie* (G, 3) *du plan de Simson de* O_{12} *dans* T, *et ce plan* (π) *partage les segments équipollents aux hauteurs de* T *menés par le point* M *dans le rapport de* 3 *à* 1 ([3]).

3. Tétraèdre orthocentrique. — Théorème. — *Dans un tétraèdre orthocentrique* T, *le centre des moyennes distances des orthocentres des tétraèdres* T_a, T_b, T_c, T_d *affectés de masses proportionnelles aux carrés des aires des faces correspondantes de* T, *coïncide avec le* premier *point de Lemoine* K.

Théorème. — *Dans un tétraèdre orthocentrique* T, *si le centre de la* seconde *sphère des douze points est sur la surface* (C), *les orthocentres de* T_a, T_b, T_c, T_d *sont dans le plan de Simson, pour* T_1, *d'un des points de rencontre de* OG *avec la surface de Cayley de* T_1 *et ce plan passe par les points qui divisent les hauteurs de* T *dans le rapport de* 3 *à* 1 *et par le* premier *point de Lemoine* K.

D'une manière générale : *les plans polaires, par rapport au tétraèdre fondamental, des points de la surface de* Cayley (C) *passent par le* premier *point de* Lemoine K *et réciproquement.*

Note. — D'après ce qui précède on a aussi cette proposition :

Théorème. — *Dans un tétraèdre quelconque* T, *il existe trois plans qui divisent les hauteurs dans le même rapport* ([4]). *Ces plans concourent au* premier *point de Lemoine* K.

Ainsi, il y a analogie complète dans le triangle et le tétraèdre.

([2]) Cf. V. Thébault, *Comptes rendus,* 217, 1943, p. 419.

([3]) *Ibid., loc. cit.,* 218, 1944, p. 263.

([4]) R. Deaux, *Mathesis,* 46, 1932, p. 149.

GÉOMÉTRIE. — *Sur une transformation de contact.*
Note de M. **André Charrueau**, présentée par M. Henri Villat.

I. Considérons la transformation de contact $\mathfrak{T}(O_1, O_2, \vec{I}_1, \vec{I}_2)$ que nous avons étudiée et employée notamment dans une Note récente [1]. Soient $\mathfrak{S}$ le système de vecteurs *rotations* constitué par $-\vec{I}_1$ lié à O_1, $\vec{I}_2$ lié à O_2 et un couple de moment égal à $\overrightarrow{O_1 O_2}$; $\vec{M}$ le moment résultant de $\mathfrak{S}$ en un point quelconque O; R son *axe central,* parallèle à $\vec{I}_2 - \vec{I}_1$; $\vec{V}_1$ et $\vec{V}_2$ les vecteurs $\overrightarrow{OO_1} - \vec{I}_1 \wedge \overrightarrow{OO_1}$ et $\overrightarrow{OO_2} - \vec{I}_2 \wedge \overrightarrow{OO_2}$, avec $\vec{V}_2 - \vec{V}_1 = \vec{M}$; (a, ϖ) et (A, Π) un élément de contact et son transformé; $\vec{n}$ un vecteur unitaire perpendiculaire à ϖ. Si $\nu_1 = \vec{I}_1 . \vec{n}$, $\nu_2 = \vec{I}_2 . \vec{n}$, on a

$$(\nu_2 - \nu_1)\,\overrightarrow{OA} = \nu_2 \vec{V}_1 - \nu_1 \vec{V}_2 + \left(\nu_2 \vec{I}_1 - \nu_1 \vec{I}_2\right) \wedge \overrightarrow{Oa}. \tag{1}$$

La vitesse d'un point quelconque sous l'effet de $\mathfrak{S}$ est perpendiculaire à toutes les droites qui passent par ce point et qui appartiennent à un *complexe linéaire* Γ. R est l'*axe* de Γ. Prenons un trièdre trirectangle d'axes, dont l'origine est un *point quelconque,* O′ *de* R, dont l'axe $O'z$ est placé sur R et dont le plan $zO'x$ est parallèlle à $\vec{I}_1$ et $\vec{I}_2$. Les axes Ox, Oy, Oz du paragraphe II de la Note précitée sont respectivement parallèles aux axes $O'y$, $O'z$, $O'x$ actuels. $\vec{V}_1$, $\vec{V}_2$, $\vec{M}$ seront désormais relatifs à O′. Soient α_1, o, γ_1 et $\alpha_2 = \alpha_1$, o, γ_2 les composantes de $\vec{I}_1$ et de $\vec{I}_2$; o, o, ν et λ', μ', ν' celles de $\vec{M}/(\gamma_2 - \gamma_1)$ et de $\left(\gamma_1 \vec{V}_2 - \gamma_2 \vec{V}_1\right)/(\gamma_2 - \gamma_1)$; x, y, z, p, q et X, Y, Z, P, Q les coordonnées de (a, ϖ) et de (A, Π). On a les équations de $\mathfrak{T}$ sous la nouvelle forme

$$X + \lambda' = -\alpha_1 p y, \qquad Y + \mu' = \alpha_1(-z + px), \qquad Z + \nu' = \alpha_1(y + \nu p); \tag{2}$$

$$P = -\frac{x + \nu q}{px + qy}, \qquad Q = \frac{-y + \nu p}{px + qy}. \tag{3}$$

Soit $\mathfrak{T}_0$ la transformation définie, par rapport aux mêmes axes, par

$$X = -py, \qquad Y = -z + px, \qquad Z = y + \nu p, \tag{4}$$

et par les équations (3). $\mathfrak{T}_0$ correspond à un ensemble de groupes d'éléments fondamentaux pour lesquels, notamment, $\alpha_1 = \alpha_2 = 1$. $\mathfrak{T}$ est équivalente à $\mathfrak{T}_0$ suivie de l'*homothétie* (O', α_1) et de la *translation* $(-\lambda', -\mu', -\nu')$.

II. Si $\nu = 0$, $\mathfrak{T}_0$ est à centre *unique* O′. Γ est alors formé par les droites rencontrant R. *Deux cas* sont à distinguer : 1° $\mathfrak{T}$ est à centre unique; R est la

---

[1] *Comptes rendus,* 225, 1947, p. 1055.

droite passant par ce centre et parallèle à $\vec{I}_2 - \vec{I}_1$; 2° $\mathfrak{T}$ est une transformation appelée $\mathfrak{T}_1$ dans la Note précitée; de même que dans le cas précédent, $\vec{M} = 0$ en tout point de R; comme O′ est ici un point *quelconque* de R, on peut étendre aisément une remarque antérieure relative à $\mathfrak{T}_1$ et à $\mathfrak{T}_1^{-1}$. Il ne sera question dans la suite que du cas général $\nu \neq 0$.

III. $A(a, \varpi)$, $\mathfrak{T}$ fait correspondre (A, Π) et, à ce dernier, $\mathfrak{T}^{-1}$ fait correspondre, en plus de (a, ϖ), un second élément de contact (a', ϖ'). a et a' sont respectivement les *pôles de* ϖ' *et de* ϖ *par rapport à* Γ. La droite aa' est l'intersection de ϖ et de ϖ'; elle est *perpendiculaire à* Π et *appartient à* Γ. Le symétrique de a (ou de a') par rapport à une droite quelconque perpendiculaire à R et rencontrant cet axe est le *pôle* de ϖ' (ou de ϖ) par rapport à un *paraboloïde hyperbolique*, variable avec la droite. Le point qu'on obtient en prenant le symétrique de a (ou de a') par rapport à O′, puis en faisant tourner ce symétrique de $+\pi/2$ autour de $O'z$, est le *pôle* de ϖ' (ou de ϖ) par rapport à un *paraboloïde de révolution* autour de $O'z$.

Soient Δ et Δ' les deux droites que définissent les deux équations directrices de $\mathfrak{T}$ quand on y regarde x, y, z comme donnés et égaux d'abord aux coordonnées de a puis à celles de a'. Ces droites passent par A et sont situées dans Π. Δ *est perpendiculaire à* ϖ', *et* Δ', *à* ϖ.

Soient δ et δ' les deux droites que définissent les équations directrices quand on y regarde X, Y, Z comme donnés et égaux aux coordonnées de A. Ces droites sont respectivement les intersections de ϖ et de ϖ' par des plans parallèles à $zO'x$ et passant l'un par a, l'autre par a'. δ *et* δ' *sont conjuguées par rapport à* Γ. Toute droite rencontrant δ et δ' et perpendiculaire à R rencontre R.

En général, $\mathfrak{T}$ fait correspondre à une surface s une autre surface S et $\mathfrak{T}^{-1}$, appliquée à S, donne ensuite s et une autre surface s'. Les relations entre s et s' se déduisent de celles qui ont été indiquées pour (a, ϖ) et (a', ϖ'). s et s' sont, en particulier, *polaires réciproques* par rapport à Γ.

Soit a_1 le point pour lequel $(\gamma_2 - \gamma_1)\overrightarrow{Oa_1}$, avec O fixe quelconque, est équipollent à la vitesse de a sous l'effet de $\mathfrak{S}$. Quel que soit a, le point correspondant a_1 est situé dans un même plan s_1 perpendiculaire à R. On a ainsi une correspondance avec orthogonalité des éléments linéaires des surfaces s et s_1. Pour celle-ci la surface (Σ) de la théorie des 12 *surfaces* est s'. La droite Oa_1 est perpendiculaire à ϖ'. Remarques analogues pour s', s_1.

IV. Considérons un autre trièdre trirectangle $\overline{O}\overline{x}\overline{y}\overline{z}$, quelconque et la *transformation de Lie*, T, correspondante. La droite $\overline{O}\overline{x}$ est l'axe du complexe linéaire $\overline{\Gamma}$ qui intervient dans ce cas. Partant de (a, ϖ), nous obtenons, par TT^{-1}, (a, ϖ) et un autre élément de contact (a'', ϖ''), de même que, par $\mathfrak{T}\mathfrak{T}^{-1}$, nous obtenons (a, ϖ) et (a', ϖ'). La droite $a'a''$ appartient à Γ et à $\overline{\Gamma}$. a' et a'' sont en relation *homographique*. Lorsque $\overline{O}\overline{x}$ est parallèle à R, cette

relation est une *affinité*; *a'a'' rencontre alors une droite fixe*, Φ, parallèle à R; si B, φ sont les intersections des droites $\overline{Ox}$ et Φ par $xO'y$ et b', b'', les projections de a' et a'' sur ce plan, on a

$$(5)\qquad \overrightarrow{O'\varphi} = \nu\overrightarrow{B\varphi}, \qquad \overrightarrow{O'b'} = \nu\overrightarrow{Bb''}.$$

Lorsque $\overline{Ox}$ est placé sur R et que $\nu = 1$, Γ et $\overline{\Gamma}$ sont *confondus*. Il en est de même de (a', ϖ') et de (a'', ϖ''), quel que soit (a, ϖ).

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Sur quelques problèmes posés par la détermination des spectres de puissance ou d'énergie des grandeurs aléatoires*. Note de M. **André Blanc-Lapierre.**

Soit $X(t)$ une fonction aléatoire réelle ou complexe du paramètre t [l'espérance mathématique $\overline{X(t)}$ est supposée identiquement nulle]. $\mathcal{F}_1$ et $\mathcal{F}_2$ seront deux filtres linéaires (1) de gains $G_1(\nu)$ et $G_2(\nu)$ et $Y_1(t)$ et $Y_2(t)$ les transformées de $X(t)$ dans $\mathcal{F}_1$ et $\mathcal{F}_2$. J'ai étudié (2) dans une Note antérieure à laquelle je renvoie pour les notations, les limites pour $T = \infty$ des grandeurs certaines

$$(7)\qquad A(T, \tau) = \frac{1}{2T}\int_{-T}^{+T} \overline{Y_1(t)Y_2^*(t-\tau)}\, dt; \qquad B(T, \tau) = \int_{-T}^{+T} \overline{Y_1(t)Y_2^*(t-\tau)}\, dt.$$

Cette étude a conduit aux spectres de la puissance π ou de l'énergie totale ζ (2). Je vais la compléter en précisant les propriétés asymptotiques de certaines grandeurs aléatoires.

I. *Résultats relatifs à la puissance. Hypothèses.* — $X(t)$ est une fonction $\Phi_{(4)}$ (3). G_1 et G_2 sont uniformément bornés et satisfont à des conditions de continuité de Lipschitz. $x(\nu)$, $Z_T(t, \tau)$, $\Sigma(\mu)$ et $\mathcal{L}(\tau)$ sont des fonctions aléatoires telles que

$$(8)\qquad X(t) = \underset{\text{mq}}{\int_{-\infty}^{+\infty}} e^{2\pi i\nu t}\, dx(\nu) \quad (4),$$

$$(9)\qquad Z_T(t, \tau) = \frac{1}{T}\underset{\text{mq}}{\int_{t-T}^{t}} Y_1(\theta)Y_2^*(\theta-\tau)\, d\theta,$$

$$(10)\qquad \sum(\mu) = \begin{cases} 0 & \text{pour } \mu \leq 0 \\ \displaystyle\int_{\substack{|\nu_1-\nu_2|<\mu \\ |\nu'_1-\nu'_2|<\mu}} \left|\overline{dx(\nu_1)\,dx^*(\nu_2)\,dx^*(\nu'_1)\,dx(\nu'_2)}\right| & \text{pour } \mu > 0, \end{cases}$$

$$(11)\qquad \mathcal{L}(\tau) = \underset{\text{mq}}{\int_{-\infty}^{+\infty}} G_1(\nu)G_2^*(\nu)\, e^{2\pi i\nu\tau}\, |dx(\nu)|^2.$$

(1) A. Blanc-Lapierre et R. Fortet, *Comptes rendus*, **222**, 1946, p. 467.
(2) *Comptes rendus*, **225**, 1947, p. 982.
(3) A. Blanc-Lapierre et R. Fortet, *Comptes rendus*, **225**, p. 1117.
(4) M. Loève, *Comptes rendus*, **220**, 1945, p. 295.

THÉORÈME III. — 1° *Pour t et τ fixés quelconques,* $Z_T(t, \tau)$ *converge en moyenne quadratique vers* $\mathcal{L}(\tau)$ *lorsque* $T \to \infty$.

2° *La condition nécessaire et suffisante pour que,* $\mathcal{F}_1$ *et* $\mathcal{F}_2$ *étant deux filtres quelconques, la limite* $\mathcal{L}(\tau)$ *soit presque sûrement égale à* $\overline{\mathcal{L}(\tau)}$ *est que,* $\mathcal{D}$ *étant un domaine quelconque du plan* $\nu \times \nu'$, *on ait*

$$(12) \qquad \int_{\mathcal{D}} \overline{\left[\,|dx^2(\nu)| - \overline{|dx^2(\nu)|}\,\right]\left[\,|dx^2(\nu')| - \overline{|dx^2(\nu')|}\,\right]} = 0.$$

3° *Si l'on peut trouver un nombre positif* η *tel que pour les faibles valeurs positives de* ν *on ait*

$$(13) \qquad |\Sigma(\mu) - \Sigma(+0)| \leq \mu^{\eta},$$

la convergence de $Z_T(t, \tau)$ *vers* $\mathcal{L}(\tau)$ *est presque sûre.*

Applications à l'interprétation des expériences destinées à la détermination des spectres de puissance. — Un analyseur destiné à mesurer la puissance moyenne correspondant à la bande $\nu_0\nu$ comprend en principe un filtre passe-bande $\mathcal{L}_{\nu_0,\nu}$ (5) qui isole cette bande, un détecteur qui élabore la puissance instantanée $P_{\nu_0,\nu}(t)$ à la sortie du filtre et un intégrateur. Les rôles de ces appareils sont schématisés par les relations

$$(14) \qquad Y(t) = \mathcal{L}_{\nu_0,\nu}[X(t)], \qquad P_{\nu_0,\nu}[t] = |Y(t)|^2, \qquad S(\nu_0, \nu, t, \tau) = \frac{1}{\tau}\int_{t-\tau}^{t} P_{\nu_0,\nu}(\theta)\,d\theta.$$

L'indication de l'analyseur à l'instant t est $S(\nu_0, \nu, t, \tau)$. Cette fonction aléatoire représente ce qu'on peut appeler la contribution de la bande $\nu_0\nu$ au *spectre instantané* (6) fourni par l'analyseur.

Pour une valeur finie de τ, $S(\nu_0, \nu, t, \tau)$ ne fournit pas une bonne localisation de la puissance sur l'axe des fréquences, on n'a pas en général :

$$(15) \qquad S(\nu_0, \nu_1, t, \tau) - S(\nu_0, \nu_2, t, \tau) = S(\nu'_0, \nu_1, t, \tau) - S(\nu'_0, \nu_2, t, \tau).$$

La relation (15) ne vaut pas non plus pour les espérances mathématiques.

Le théorème III précise les conditions de convergence de $S(\nu_0, \nu, t, \tau)$ vers le spectre déduit de la limite de $A(T, \tau)$ (spectre de la puissance π).

II. *Résultats relatifs à l'énergie.* — *Hypothèses.* — Mêmes hypothèses que précédemment pour les gains. On suppose

$$(16) \qquad X(t) = \int_{-A\ \mathrm{mq}}^{+A} e^{2\pi i \nu t} x'(\nu)\,d\nu$$

(5) M. BLANC-LAPIERRE et R. FORTET, *Comptes rendus*, **220**, 1946, p. 467.

(6) Au cours d'un exposé fait au début de l'année 1947, au Séminaire de Calcul des Probalilités de M. le Professeur Fréchet, M. Ville avait insisté sur l'intérêt de l'idée de spectre instantané et avait utilisé cette notion.

où $x'(\nu)$ est uniformément continu d'ordre 4 et $\overline{|x'^4(\nu)|}$ uniformément borné sur $-A+A$.

Théorème IV. — 1° *On a en moyenne quadratique et avec une probabilité* 1

$$\lim_{T\to\infty} \underset{\text{mq}}{\int_{-T}^{+T}} Y_1(t)\, Y_2^*(t-\tau)\, dt = \underset{\text{mq}}{\int_{-A}^{+A}} e^{2\pi i\nu\tau} G_1(\nu)\, G_2^*(\nu)\, |x'(\nu)|^2\, d\nu. \tag{17}$$

2° *La limite précédente est presque sûrement égale à son espérance mathématique quels que soient* $\mathcal{F}_1$, $\mathcal{F}_2$ *et* τ *si pour tout domaine* $\mathcal{D}$ *du plan* $\nu \times \nu'$ *on a*

$$\int_{\mathcal{D}} \overline{\left[|x'(\nu)|^2 - \overline{|x'(\nu)|^2}\right]\left[|x'(\nu')|^2 - \overline{|x'(\nu')|^2}\right]}\, d\nu\, d\nu' \equiv 0. \tag{18}$$

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *D'un certain mode de recherche des surfaces de probabilités.* Note de M. **René Risser.**

Faisant état d'un mode de représentation des distributions statistiques dans le plan, on est conduit à introduire les équations aux dérivées partielles

$$\frac{1}{z}\frac{\partial z}{\partial x} = \frac{f(x, y)}{\varphi(x, y)}, \tag{1}$$

$$\frac{1}{z}\frac{\partial z}{\partial y} = \frac{g(x, y)}{\psi(x, y)}, \tag{2}$$

qui doivent être telles que

$$\frac{\partial}{\partial y}\left(\frac{f}{\varphi}\right) = \frac{\partial}{\partial x}\left(\frac{g}{\psi}\right) \tag{3}$$

et

$$\frac{\partial}{\partial y}\left(\frac{f}{\varphi}\right) + \frac{fg}{\varphi\psi} = \frac{1}{z}\frac{\partial^2 z}{\partial x\, \partial y} = H(x, y). \tag{4}$$

On supposera tout d'abord que $\psi(x, y) = \varphi(x, y)$; on se donne les fonctions f et φ, ainsi que la fonction $H(x, y)$, caractérisant l'équation de Moutard. La fonction g sera définie par

$$g = \frac{H(x, y)\,[\varphi(x, y)]^2}{f(x, y)} - (f'_y\varphi - \varphi'_y f).$$

Nous allons passer en revue un certain nombre de cas simples :

1° f et φ se réduisent à des constantes et $(1/z)(\partial^2 z/\partial x\, \partial y) = m^2 n^2$; le calcul fait apparaître la surface $z = K\, e^{-m^2|x| - n^2|y|}$;

2° $f(x, y) = -mx$, $\varphi = \text{const.}$, $(1/z)(\partial^2 z/\partial x\, \partial y) = mnx(y+\alpha)$,

$$z = K e^{-\left|m\frac{x^2}{2} + \frac{n}{2}(y+\alpha)^2\right|};$$

si m et n sont tous deux > 0, on se trouve en présence d'une distribution laplacienne;

3° $f(x, y) = ax + by + d$, $\varphi(x, y) = 1$,

$$\frac{1}{z}\frac{\partial^2 z}{\partial x\,\partial y} = b + [a(x - x_0) + b(y - y_0)][b(x - x_0) + c(y - y_0)];$$

On met en évidence la surface $z = A e^{\varphi(x,y)/2}$, avec

$$\varphi = \frac{a(x - x_0)^2 + 2b(x - x_0)(y - y_0) + c(y - y_0)^2}{2} + h;$$

si a, b, c et h sont telles que φ soit constamment négative, on retrouve la surface de Laplace-Gauss.

4° $f(x, y) = mx + ny$, $\varphi(x, y) = 1 - (Ax^2 + 2Bxy + Cy^2) = \delta$, avec

$$\frac{1}{z}\frac{\partial^2 z}{\partial x\,\partial y} = \frac{\rho[-2B\delta + 4(Ax + By)(Bx + Cy)]}{\delta^2} = H(x, y),$$

le calcul nous conduit à la solution particulière $z = K\delta^{-\rho}$, qui répond à la question avec $\rho = l^2$, et la condition $B^2 - AC < 0$.

5° On se propose de trouver une solution particulière de l'équation

$$\frac{1}{z}\frac{\partial^2 z}{\partial x\,\partial y} = \frac{\mu[b_1\beta_2 + b_2\beta_1 - y(b_1 + b_2)]}{(y + \beta_1)(\beta_2 - y)}\,\nu\,\frac{[a_1\alpha_2 + a_2\alpha_1 - x(a_1 + a_2)]}{(x - \alpha_1)(\alpha_2 - x)}.$$

On peut en l'occurrence employer deux méthodes; la première consiste à voir si le produit $[(x - \alpha_1)^{m_1}(\alpha_2 - x)^{m_2}][(y - \beta_1)^{n_1}(\beta_2 - y)^{n_2}]$ satisfait à l'équation proposée, et la seconde revient à introduire l'équation aux dérivées partielles

$$\frac{1}{z}\frac{\partial z}{\partial x} = \frac{P_1(x)}{(x - \alpha_1)(\alpha_2 - x)} = \frac{f}{\delta_1}, \qquad \text{telle que} \quad \frac{\partial}{\partial y}\left(\frac{f}{\delta_1}\right) = 0.$$

On met ainsi en évidence tout un groupe de surfaces répondant à des distributions statistiques, auxquelles nous avions fait allusion dans une Note antérieure.

Deuxième partie. — On se donne maintenant les fonctions f et g, ainsi que $H(x, y)$, et l'on se propose de déterminer φ.

Si l'on pose $f/\varphi = M(x, y)$, on est ramené à résoudre l'équation

$$\frac{\partial M(x, y)}{\partial y} + [M(x, y)]^2\frac{g(x, y)}{f(x, y)} - H(x, y) = 0.$$

Connaissant une intégrale particulière M, et par suite une solution pour φ, on détermine z, qui doit être telle que $\iint z\,dx\,dy = 1$.

Troisième partie. — On se donne toujours f, g et H, mais l'on se propose de résoudre le système

$$\frac{1}{z}\frac{\partial z}{\partial x} = \frac{f}{\varphi}, \qquad \frac{1}{z}\frac{\partial z}{\partial y} = \frac{g}{\psi}.$$

Posant $f/\varphi = M$ et $g/\psi = N$, et tenant compte des équations de condition, on est amené à l'équation aux dérivées partielles

$$\frac{\partial^2 M}{\partial x\,\partial y} - \frac{1}{M}\frac{\partial M}{\partial x}\frac{\partial M}{\partial y} + \frac{H}{M}\frac{\partial M}{\partial y} - \frac{\partial H}{\partial x} = 0,$$

dont une intégrale particulière permet de déterminer une solution $N(x, y)$, et enfin une solution particulière z, qui ne sera acceptable que si $\iint_{(C)} z\,dx\,dy = 1$, le champ (C) n'étant autre que l'intersection de la surface avec le plan $z = 0$.

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Un mode de calcul général de la fonction de probabilité de moyennes.* Note [1] de M. **Jacques Maurin**, présentée par M. Jacques Hadamard.

1. Soit constituée, par prélèvement sur une collection indéfinie, une collection de N objets dont chacun est caractérisé par la valeur d'une grandeur x qui lui est attachée, le champ des variations de x étant découpé en tranches égales de valeur Δx de part et d'autre de la valeur $x_0 = 0$. Soit $x_j = j\,\Delta x$ le multiple de Δx de rang j, et soit $n(x_j)$ le nombre d'objets pour lesquels x est égal à x_j à $\pm \Delta x/2$ près. Bien entendu, $\sum_{j=-\infty}^{+\infty} n(x_j) = N$.

Je considère un nombre fini p de ces objets, que je classe arbitrairement de 1 à p; soient, pour chacun, $x_{1,j_1}, \ldots, x_{i,j_i}, \ldots, x_{p,j_p}$ les valeurs des x_j les plus voisines des valeurs prises par x, de sorte que l'indice i caractérise arbitrairement un objet déterminé parmi les p objets considérés, et l'indice j la valeur prise par la grandeur x qui le caractérise. Si, par exemple, je considère ensuite p autres objets arbitrairement classés de 1 à p, la grandeur x du $i^{\text{ième}}$ prendra une valeur notée x_{i,j'_i}.

Je puis ainsi effectuer C_N^p groupages différents de p objets. Si, pour chacun, $X_p = x_{1,j_1} + \ldots + x_{i,j_i} + \ldots + x_{p,j_p}$, j'aurai ainsi C_N^p valeurs de X_p, l'écart entre deux valeurs de X_p les plus voisines étant constant et égal à

$$\Delta X_p = \frac{\Delta x}{p}. \tag{1}$$

Soit, dans la collection des C_N^p moyennes ainsi obtenues, $n_p(X_{p,K})$ le nombre de moyennes X_p égales à $X_{p,K} = K\,\Delta X_p$. Bien entendu, $\sum_{K=-\infty}^{+\infty} n_p(X_{p,K}) = C_N^p$.

L'analyse combinatoire démontre que

$$\frac{\sum_{K=-\infty}^{+\infty} X_{p,K}\, n_p(X_{p,K})}{\sum_{K=-\infty}^{+\infty} n_p(X_{p,K})} = \frac{\sum_{j=-\infty}^{+\infty} x_i\, n(x_{i,j_i})}{\sum_{i=-\infty}^{+\infty} n(x_{i,j_i})} = X_N, \tag{2}$$

$$n_p(X_{p,K}) = \frac{1}{p!} \overset{(p-1)}{\sum_{j_i=-\infty}^{+\infty}} \left[\prod_{i=1}^{p-1} n(x_{i,j_i})\right] n\left[p X_{p,K} - \sum_{i=i}^{p-1} x_{i,j_i}\right] - \Theta, \tag{3}$$

Θ tendant vers zéro par valeurs positives avec $1/N$.

---

(1) Séance du 10 décembre 1947.

Dans (3), où $\left[\prod_{i=1}^{p-1} n(x_{i,j_i})\right] = n(x_1, j_1)\ldots n(x_{i,j_i})\ldots n(x_{p-1}, {}_{j_{p-1}})$,

$\sum_{j_i=-\infty}^{+\infty}{}^{(p-1)}\left[\prod_{i=1}^{p-1} n(x_{i,j_i})\right] n\left[p\mathrm{X}_{p,\mathrm{K}} - \sum_{i=1}^{p-1} x_{i,j_i}\right]$ représente la somme de tous les produits de p facteurs

$$n(x_{1,j_1})\ldots n(x_{i,j_i})\ldots n(x_{p-1,j_{p-1}})\, n[p\mathrm{X}_{pk} - (x_{1,j_1} + \ldots + x_{i,j_i} + \ldots + x_{p-1,j_{p-1}})]$$

obtenus en donnant successivement à chaque x_i toutes les valeurs x_{i,j_i} possibles de $-\infty$ à $+\infty$.

2. La probabilité étant définie par la fréquence [2], soient :

$f'(x)\,dx$ la probabilité pour la variable aléatoire d'être égale à x à $\pm dx/2$ près;

$\mathrm{F}'_p(\mathrm{X}_p)\,d\mathrm{X}_p$ la probabilité pour la moyenne des variables aléatoires de p objets prélevés dans la même collection d'être égale à X_p à $\pm d\mathrm{X}_p/2$ près;

${}^{(p-1)}\int_{-\infty}^{+\infty}$ une intégrale $(p-1)$ — uple définie de $-\infty$ à $+\infty$.

Les équations (1), (2), (3) conduisent alors, en faisant $n(x_i) = \mathrm{N}f'(x_i)\,\Delta x$ et $n_p(\mathrm{X}_p) = \mathrm{C}_\mathrm{N}^p \mathrm{F}'_p(\mathrm{X}_p)\,\Delta\mathrm{X}_p$, et en faisant décroître Δx jusqu'à dx et $\Delta\mathrm{X}_p = \Delta x/p$, jusqu'à $d\mathrm{X}_p = dx/p$, à l'équation

$$\mathrm{F}'_p(\mathrm{X}_p) = p\,{}^{(p-1)}\!\int_{-\infty}^{+\infty} \prod_{i=1}^{p-1}[f'(x_i)]\, f'\left[p\mathrm{X}_p - \sum_{i=1}^{p-1} x_i\right] \prod_{i=1}^{p-1}[dx_i], \tag{4}$$

qui donne la fonction de probabilité de la moyenne X_p des variables aléatoires de p objets prélevés dans la même collection.

Si $\mathrm{F}'_{\sum_{l=1}^{q} p_l}\left(\mathrm{X}_{\sum_{l=1}^{q} p_l}\right)$ est la fonction de probabilité d'une moyenne de q moyennes chacune des variables aléatoires de p_l objets prélevés dans la même collection, l variant de 1 à q, c'est-à-dire en définitive d'une moyenne des variables aléatoires de $\sum_{l=1}^{q} p_l$ objets, on obtient la formule généralisée

$$\mathrm{F}'_{\sum_{l=1}^{q} p_l}\left(\mathrm{X}_{\sum_{l=1}^{q} p_l}\right) = \frac{\sum_{l=1}^{q} p_l}{p_q}\,{}^{(q-1)}\!\int_{-\infty}^{+\infty} \prod_{l=1}^{q-1}[\mathrm{F}'_{p_l}(\mathrm{X}_{p_l})] \times \mathrm{F}'_{p_q}\left[\frac{\left(\sum_{l=1}^{q} p_l\right)\mathrm{X}_{\sum_{l=1}^{q} p_l} - \left(\sum_{l=1}^{q-1} p_l \mathrm{X}_{p_l}\right)}{p_q}\right] \prod_{l=1}^{q-1}[d\mathrm{X}_{p_l}]. \tag{5}$$

---

[2] E. Borel, *Traité de Calcul des probabilités*, 1937, **1**, III; M. Fréchet, *Généralités sur les probabilités*, 1er liv., I, p. 3-5.

MÉCANIQUE. — *Construction d'oscillateurs non linéaires sinusoïdaux par la méthode de l'axe mobile.* Note [1] de M. **Jean Abelé**, présentée par M. Camille Gutton.

1. Considérons l'oscillateur linéaire défini par l'équation

$$z = Ae^{-a\omega t}\cos(\omega\sqrt{1-a^2}\,t+\varphi) \qquad (\omega>0,\ 0\leq a<1). \tag{1}$$

Une interprétation géométrique classique de l'équation (1) considère z comme la projection orthogonale sur un axe Oz d'un vecteur tournant autour de O et ayant pour module $Ae^{-a\omega t}$. Dans un système d'axes rectangulaires (O, t, z) $Ae^{-a\omega t}$ est l'ordonnée de l'*enveloppe* de la famille de courbes définie par (1) en regardant A comme une constante et φ comme un paramètre.

2. On peut toutefois déterminer un autre vecteur tournant $\overline{OM}$, admettant lui aussi z pour projection, mais dont le module est égal à l'ordonnée Z du *lieu géométrique des maxima* de la même famille de courbes, grandeur que nous estimons seule capable de constituer, en vue de l'édification d'une théorie des auto-oscillateurs, une définition féconde de l'*amplitude de z comme fonction continue de t.*

Il faut et il suffit pour cela que la projection soit faite parallèlement à un axe Ox faisant avec Oz un angle égal à l'angle V que forme avec $\overline{OM}$ prolongé la tangente à la spirale logarithmique décrite par M.

On démontre alors de plus que le produit par la constante $-\omega$ de la projection de $\overline{OM}$ sur Ox est égal à la vitesse de la projection de M sur Oz.

3. Réciproquement, donnons-nous une famille de spirales logarithmiques d'équation

$$\frac{1}{Z}\frac{dZ}{d\theta} = \frac{-a}{\sqrt{1-a^2}}, \tag{2}$$

et, considérant une de ces spirales, convenons :

1° de projeter son rayon vecteur $\overline{OM}$ sur Oz parallèlement à un axe Ox faisant avec Oz un angle V, égal à celui que forme la tangente en M à la spirale avec le rayon vecteur prolongé;

2° de déterminer la vitesse angulaire $d\theta/dt$ du rayon vecteur, de façon que la vitesse linéaire dz/dt soit égale au produit par une constante d'homogénéité-ω de la projection de $\overline{OM}$ sur Ox.

Cette double convention conduit à l'équation (1). Elle permet donc de *construire l'oscillateur linéaire à partir d'une relation d'essence géométrique existant entre son amplitude Z et sa phase.*

4. L'intérêt de cette construction vient de ce qu'elle n'est pas limitée à

---

[1] Séance du 10 décembre 1947.

l'oscillateur linéaire, mais s'étend, grâce à une généralisation convenable de la seconde convention, à une classe d'oscillateurs non linéaires susceptibles d'admettre des régimes asymptotiques *sinusoïdaux*.

Soit en effet une famille de spirales définie par l'équation

$$\frac{1}{Z}\frac{dZ}{d\theta} = \operatorname{tg}\alpha, \tag{3}$$

dans laquelle α est un angle, positif ou négatif, généralement petit en valeur absolue et *variable en fonction de* Z.

1° Projetons le vecteur $\overline{OM}$, dont Z est le module, sur l'axe polaire Oz parallèlement à un axe *mobile* Ox faisant avec Oz l'angle $V = (\pi/2) - \alpha$. Il vient

$$z = Z\frac{\cos(\theta + \alpha)}{\cos\alpha}; \tag{4}$$

2° Posons

$$\frac{d\theta}{dt} = \omega\sqrt{\frac{-Z\sin\theta}{\dfrac{dz}{d\theta}}} = \frac{\omega\cos\alpha}{\sqrt{1 + \dfrac{d\alpha}{d\theta}}}. \tag{5}$$

Le système des équations (3), (4), (5), dont deux sont résolubles par des quadratures, détermine z en fonction de t avec deux constantes arbitraires et vérifie l'équation différentielle du second ordre

$$\frac{d^2z}{dt^2} - [(2 + \varepsilon)\sin\alpha + \eta]\omega\frac{dz}{dt} + \omega^2 z = 0. \tag{6}$$

Posons $\sin\alpha = KF(Z)$, F étant une fonction continue et dérivable, et prenons k comme infiniment petit principal. On démontre que ε et η sont des infiniment petits respectivement du 4ᵉ et du 3ᵉ ordre, pourvu que Z, F, F′ et F″ restent finis.

Si *physiquement* k est assez petit et le domaine utilisé des valeurs de Z assez peu étendu au delà de l'unité pour que l'on puisse négliger, comme inférieures aux erreurs de mesure, les quantités $\varepsilon\sin\alpha$ et η, l'équation (6) ne diffère de l'équation à coefficients constants admettant (1) comme solution pseudo-périodique que par la présence dans le coefficient de dz/dt d'*une fonction lentement variable de* Z, et elle admet comme solution, *quelle que soit cette fonction*, le système d'équations (3), (4), (5).

Ce système d'équations permet donc d'établir une *théorie générale de toute une classe d'auto-oscillateurs à contrôle d'amplitude*, dont le plus simple s'obtient en posant $F(Z) = 1 - Z$. Nous avons étudié dans notre thèse des procédés techniques qui permettent de le réaliser [1].

---

[2] J. ABELÉ, *Étude d'un système oscillant entretenu à amplitude auto-stabilisée*. *Thèse*, Paris, 1943 et *Annales de Chronométrie*, fasc. 3-4, 1942.

ÉLASTICITÉ. — *Sur les lignes de glissement et le calcul des déplacements dans la déformation plastique.* Note de M. **Jean Mandel**, présentée par M. Albert Caquot.

En étudiant la torsion d'un cylindre plastique isotrope, moyennant certaines hypothèses qui sont vérifiées en l'absence de frottement interne, nous avons montré ([1]) que, lorsqu'il n'y a pas écrouissage, les lignes caractéristiques de l'équation donnant w, composante parallèle aux génératrices du déplacement d'un point, sont réelles. Elles coïncident avec les lignes caractéristiques de l'équation donnant la fonction d'Airy, c'est-à-dire les contraintes. Enfin elles sont lignes de discontinuité possible pour w, ce qui explique la formation de surfaces de glissement parallèles aux génératrices et dont ces lignes sont les traces en section droite. La production de lignes de glissement s'explique par une localisation de la distorsion : localisation en relation avec la forme du diagramme contrainte-déformation.

Ces propriétés se retrouvent dans les problèmes de tranches planes, et toujours *l'absence de frottement interne*, si l'on admet que les directions principales de la déformation coïncident avec celles de la sollicitation. u et v étant les paramètres définis dans une communication antérieure ([2]), les lignes caractéristiques des équations aux contraintes sont les lignes $u =$ const. et $v =$ const. (qui dans le cas actuel bissectent l'angle des directions principales). U, V désignant les composantes de la vitesse suivant les tangentes à ces lignes, $E\,du$, $G\,dv$ les arcs élémentaires de ces lignes, n la moyenne arithmétique des contraintes principales contenues dans le plan (comptée positivement dans le cas d'une pression), dn sa variation lorsqu'on suit une molécule, K/2 le module d'élasticité relatif aux variations d'aire, on obtient

$$(1)\qquad \left\{\begin{aligned} &\frac{\partial U}{\partial u} - V + \frac{E}{K}\frac{dn}{dt} = 0, \\ &\frac{\partial V}{\partial v} - U + \frac{G}{K}\frac{dn}{dt} = 0. \end{aligned}\right.$$

La forme indiquée pour les termes élastiques (en dn/dt) n'est valable que si l'on considère comme infiniment petite la déformation accomplie à l'instant t. Mais, pour de grandes déformations, ces termes élastiques deviennent négligeables.

Les lignes caractéristiques du système (1) en U, V sont les lignes u et v. Les lignes u (u variable, v constant) sont lignes de discontinuité possible pour U, les lignes v pour V. Ces lignes sont donc lignes de glissement.

([1]) *Comptes rendus*, **222**, 1946, p. 1205-1207.

([2]) *Comptes rendus*, **206**, 1938, p. 583.

Tous ces résultats sont conformes à l'expérience et à la théorie de Mohr et Caquot. Nous nous baserons maintenant sur cette théorie pour déterminer les déplacements, dans le cas des tranches planes, *lorsque la courbe intrinsèque est quelconque*, sa tangente faisant un angle φ, qui peut être variable, avec l'axe des contraintes normales. Les lignes de glissement font avec la contrainte principale maximum des angles égaux à $(\pi/4)-(\varphi/2)$ et coïncident ainsi avec les lignes caractéristiques des contraintes, lignes u et v. Imaginons la déformation plastique comme résultant de deux distorsions pures ou glissements, l'un parallèle à la direction u, l'autre à la direction v. On remarquera que, dans un glissement, les directions principales de la déformation sont à $\pi/4$ de la direction du glissement, et non à $(\pi/4)-(\varphi/2)$; elles ne coïncident donc pas avec les directions principales de la sollicitation, à moins que $\varphi=0$. Ceci dit, l'invariance de la projection, sur une direction de glissement, et parallèlement à l'autre direction de glissement, d'un élément d'arc initialement dirigé suivant la première direction, nous conduit aux deux équations suivantes :

$$(2)\qquad \begin{cases} \dfrac{\partial U}{\partial u}-\dfrac{V}{\cos\varphi}\left(1-\dfrac{1}{2}\dfrac{d\varphi}{dS}\right)-U\,\mathrm{tg}\,\varphi\left(1+\dfrac{1}{2}\dfrac{d\varphi}{dS}\right)+E\dfrac{d\theta}{dt}\,\mathrm{tg}\,\varphi+\dfrac{E}{K}\dfrac{dn}{dt}=0,\\[2ex] \dfrac{\partial V}{\partial v}-\dfrac{U}{\cos\varphi}\left(1-\dfrac{1}{2}\dfrac{d\varphi}{dS}\right)-V\,\mathrm{tg}\,\varphi\left(1+\dfrac{1}{2}\dfrac{d\varphi}{dS}\right)+G\dfrac{d\theta}{dt}\,\mathrm{tg}\,\varphi+\dfrac{G}{K}\dfrac{dn}{dt}=0, \end{cases}$$

qui, pour $\varphi=0$, redonnent bien les équations (1) obtenues en se basant sur la coïncidence des directions principales de la déformation et de la sollicitation. θ désigne l'orientation des contraintes principales, $d\theta$ sa variation lorsqu'on suit une molécule, $S=u+v$ le paramètre fixant la position du cercle de Mohr. Pour un écoulement permanent, c'est-à-dire tel que le réseau des lignes u et v soit indépendant de t, on a

$$\frac{d\theta}{dt}=\frac{U}{E}-\frac{V}{G},\qquad \frac{dn}{dt}=\frac{2R}{\cos\varphi}\left(\frac{U}{E}+\frac{V}{G}\right),$$

R désignant le rayon du cercle de Mohr.

AÉRODYNAMIQUE. — *Sur le calcul des ailes rectangulaires en flèche.* Note [1] de MM. **Elie Carafoli** et **Nicolas Tipei**.

Dans une Note précédente [2] nous avons établi les caractéristiques des ailes en dérive et à axe parabolique.

Pour les applications aéronautiques, le cas le plus intéressant est, toutefois, celui d'aile en flèche, dont nous nous proposons de calculer les caractéristiques.

---

[1] Séance du 1er septembre 1947.

[2] *Sur les caractéristiques aérodynamiques des ailes rectangulaires en dérive et à axe parabolique* (*Comptes rendus*, **225**, 1947, p. 1121).

Influence des tourbillons libres. — L'aile sera représentée par deux droites ayant, par rapport à la direction de l'envergure, l'angle δ comme dérive.

En conservant les mêmes notations que dans notre Note précédente et en appliquant encore la même formule, on obtient l'expression de l'angle induit supplémentaire

$$(1) \qquad \varepsilon' = \frac{\lambda \operatorname{tg}\delta A_1}{8}\left[\frac{1-\cos\varphi}{\sqrt{1+\lambda^2(1+\cos\varphi)^2}} + \frac{1+\cos\varphi}{\sqrt{1+\lambda^2(1-\cos\varphi)^2}}\right][1+(1-|\cos\varphi|)^2].$$

En développant toujours en $\cos\varphi, \ldots, \cos n\varphi$, on déduit les termes supplémentaires de la circulation

$$(2) \quad \left\{\begin{aligned}
A'_1 &= \frac{5{,}782 - 3{,}653\sqrt[3]{\lambda} + 0{,}3314\lambda - 0{,}005224\lambda^2 \dfrac{\lambda \operatorname{tg}\delta\mu_0}{8}\dfrac{C_z}{\pi\lambda}}{\mu_0 + 0{,}8231},\\
A'_3 &= \frac{0{,}1679 A'_1 + (1{,}3028\sqrt[3]{\lambda} - 0{,}1588\lambda + 0{,}00251\lambda^2 - 1{,}112)\dfrac{\lambda \operatorname{tg}\delta\mu_0}{8}\dfrac{C_z}{\pi\lambda}}{3\mu_0 + 0{,}6306},\\
A'_5 &= \frac{0{,}1940 A'_3 + 0{,}02675 A'_1 + (0{,}538 - 0{,}2827\sqrt[3]{\lambda} + 0{,}0434\lambda - 0{,}000678\lambda^2)\dfrac{\lambda \operatorname{tg}\delta\mu_0}{8}\dfrac{C_z}{\pi\lambda}}{5\mu_0 + 0{,}635},\\
A'_7 &= \frac{0{,}1935 A'_5 + 0{,}02675 A'_3 + (0{,}2039\sqrt[3]{\lambda} - 0{,}01516\lambda + 0{,}000237\lambda^2 - 0{,}138)\dfrac{\lambda \operatorname{tg}\delta\mu_0}{8}\dfrac{C_z}{\pi\lambda}}{7\mu_0 + 0{,}638},\\
A'_9 &= \frac{0{,}1932 A'_7 + 0{,}02675 A'_5 + (0{,}00257\lambda - 0{,}00004\lambda^2 - 0{,}01612\sqrt[3]{\lambda})\dfrac{\lambda \operatorname{tg}\delta\mu_0}{8}\dfrac{C_z}{\pi\lambda}}{9\mu_0 + 0{,}6402},\\
A'_{11} &= \frac{0{,}1931 A'_9 + 0{,}02675 A'_7 + 0{,}00132\sqrt[3]{\lambda}\dfrac{\lambda \operatorname{tg}\delta\mu_0}{8}\dfrac{C_z}{\pi\lambda}}{11\mu_0 + 0{,}842},\\
A'_{13} &= \frac{0{,}193 A'_{11} + 0{,}02675 A'_9 - 0{,}00247\sqrt[3]{\lambda}\dfrac{\lambda \operatorname{tg}\delta\mu_0}{8}\dfrac{C_z}{\pi\lambda}}{13\mu_0 + 0{,}643};\\
&\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots
\end{aligned}\right.$$

Influence du tourbillon lié. — Le tourbillon lié d'une seule moitié d'aile, supposé concentré dans l'axe, produit en un point de l'autre moitié *un angle induit supplémentaire*

$$(3) \qquad \varepsilon'' = -\frac{A_1}{4}\frac{\cos\delta}{\sin 2\delta\,|\cos\delta|}[1 + (\cos\delta - 1)|\cos\varphi| - \cos 2\delta].$$

On peut écrire

$$\frac{1}{|\cos\varphi|} = 2{,}10 - 1{,}616\cos 2\varphi + 1{,}05\cos 4\varphi - 0{,}434\cos 6\varphi.$$

Il en résulte les termes correctifs du développement de Γ

$$(4)\quad \left\{\begin{aligned} A''_1 &= -\frac{\left(1,37\cos^2\frac{\delta}{2} - 0,125\right)\mu_0 \operatorname{tg}\frac{\delta}{2}}{0,8231 + \mu_0}\,\frac{C_z}{\pi\lambda},\\ A''_3 &= \frac{0,1679\,A''_1 + 0,312\,\mu_0 \sin\delta\,\frac{C_z}{\pi\lambda}}{0,6306 + 3\mu_0},\\ A''_5 &= \frac{0,02675\,A''_1 + 0,194\,A''_3 - 0,180\,\mu_0 \sin\delta\,\frac{C_z}{\pi\lambda}}{0,635 + 5\mu_0},\\ A''_7 &= \frac{0,02675\,A''_3 + 0,1935\,A''_5 + 0,0543\,\mu_0 \sin\delta\,\frac{C_z}{\pi\lambda}}{0,638 + 7\mu_0},\\ A''_9 &= \frac{0,02675\,A''_5 + 0,1932\,A''_7}{0,6402 + 9\mu_0},\\ &\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \end{aligned}\right.$$

L'effet total de la flèche sera obtenu alors en additionnant les coefficients donnés par les formules (2) et (4)

$$A_n = A'_n + A''_n.$$

On peut encore calculer la pente k_λ de la droite qui représente la variation de C_z avec l'incidence ($C_z = 2k_\lambda\alpha$). Cette pente sera, en partant de la valeur k'_λ, connue pour l'aile droite,

$$(5)\quad k_\lambda = \frac{k'_\lambda}{1 - f_1(\lambda,\mu_0,\delta) - f_2(\mu_0,\delta)} = \frac{1}{2}\,\frac{\pi\lambda\mu_0}{\mu_0 + 0,8231}\,\frac{1}{1 - f_1(\lambda,\mu_0,\delta) - f_2(\mu_0,\delta)},$$

où $f_1(\lambda, \mu_0, \delta)$ et $f_2(\mu_0, \delta)$ sont les coefficients qui multiplient le terme $C_z/\pi\lambda$ des expressions A'_1 et A''_1 [formules (2) et (4)].

AÉRODYNAMIQUE. — *Sur les dissipations d'énergie au voisinage d'une paroi en translation supersonique peu éloignée de son plan tangent.* Note de MM. **René Leduc** et **Jean Villey**, présentée par M. Albert Caquot.

Le raisonnement qui conduit à considérer comme impossible un écoulement supersonique régulier laminaire au-dessus d'une aile d'avion peut se préciser comme suit.

La courbure imposée aux nappes d'air par le dos convexe de l'aile exige un gradient de pression transversal capable de produire l'accélération normale correspondante. Il en résulte que la pression en B au voisinage du dos doit être plus faible qu'en un point D situé plus loin sur la perpendiculaire élevée en B sur l'aile. Nous pouvons prendre en particulier D dans la région où la pertur-

bation devient négligeable; cela exige donc en B une pression plus faible que la pression atmosphérique non perturbée qui règne en D.

Mais au delà d'une mince couche limite immédiatement contiguë à la paroi où la viscosité joue un rôle essentiel, les échanges d'énergie entre nappes laminaires sont négligeables. Alors le filet ABC qui passe en B se comportera comme s'il s'écoulait dans une canalisation fixe par rapport à des axes attachés à l'aile. Or sa section en B est plus faible que les sections A et C à l'entrée et à la sortie du domaine perturbé; on a donc l'équivalent d'une tuyère convergente-divergente, qui, en écoulement supersonique, comporte un maximum de pression au col B. Cela donnerait une pression en B plus grande que la pression atmosphérique non perturbée qui règne en A et C.

Cette contradiction ne serait même pas évitée dans le cas où le filet considéré traverse l'onde de choc en forme de croissant qui entoure le bord d'attaque (supposé convexe), sous une incidence assez voisine de la normale pour que la discontinuité de vitesse AA′ le rende subsonique. On pourrait imaginer en effet que la diminution de pression dans le convergent subsonique A′B l'emporte sur l'augmentation discontinue AA′ pour aboutir en B à la pression plus faible qu'en A (ou en D) que la courbure réclame. Mais on constate alors facilement que le retour à l'équilibre et à la pression initiale dans le divergent BC serait impossible aussi bien dans l'hypothèse où l'écoulement y resterait subsonique que dans celle où il y redeviendrait supersonique.

On doit donc considérer comme impossible la formation d'un écoulement laminaire au voisinage du dos de l'aile en translation supersonique.

Mais, comme les vitesses moyennes d'écoulement semblent devoir nécessairement envelopper des nappes de même disposition générale que les nappes laminaires envisagées ci-dessus, il faut admettre que les échanges d'énergie importants se produisent entre nappes contiguës pour mettre en défaut notre raisonnement, basé sur l'application de la conservation de l'énergie individuellement à chaque filet. Ces échanges supposent des turbulences accentuées, qui doivent réaliser des dissipations importantes d'énergie et intervenir comme un facteur notable de la résistance aérodynamique aux vitesses supersoniques.

Il est intéressant d'observer que cette difficulté disparaît pour un écoulement supersonique à l'intérieur d'une canalisation.

Considérons en effet un col dans une canalisation de révolution. La courbure des filets situés dans un plan méridien quelconque entraîne que la pression est maxima au centre O de la section étranglée; mais il n'est pas imposé à cette pression une valeur déterminée comme au point D de l'écoulement intérieur, et cela ne conduit à aucune contradiction. Cela influe seulement sur la courbure des surfaces isobares par rapport aux sections planes orthogonales. De même, dans une section renflée, la pression sera minima au centre O′ sans qu'une valeur déterminée lui soit imposée *a priori*.

Un écoulement supersonique laminaire apparaît donc possible dans une canalisation comportant une succession de cols et de renflements.

On peut d'ailleurs y craindre la naissance de turbulences si la couche limite devient instable et subit des décollements. C'est dans les régions où le gradient longitudinal de pression est positif qu'ils peuvent apparaître quand la couche limite n'a plus assez d'énergie cinétique pour vaincre l'augmentation de pression imposée par l'évolution des nappes libres voisines. Ils sont donc à craindre, non pas dans les divergents comme en écoulement subsonique, mais dans les convergents. L'instabilité semble d'ailleurs y être plus menaçante, car l'épaississement de la couche limite accentue la convergence imposée aux nappes libres, et par conséquent aussi le gradient de pression, qui est justement la cause de cet épaississement. Cette protubérance d'air très ralenti semble même susceptible d'amorcer éventuellement la naissance d'une onde de choc. La succion de la couche limite à travers la paroi, en vue d'éviter son épaississement, paraît donc devoir être un facteur efficace de stabilisation dans un convergent supersonique, comme elle l'est dans un divergent subsonique.

AÉRODYNAMIQUE. — *La fonction de dissipation en écoulement turbulent isotrope.* Note [1] de M. **Gabriel Viguier**, présentée par M. Joseph Pérès.

Le mouvement d'un fluide visqueux s'accompagne toujours d'un frottement interne et l'énergie dépensée se transforme alors en chaleur.

Si nous considérons le fluide à l'instant t dans un domaine Ω, la quantité de chaleur reçue par le système pendant le temps δt est égale à

$$\delta Q = \delta t \iiint_{\Omega} A \, d\varpi, \tag{1}$$

où A, définie par Lord Rayleigh, est la fonction de dissipation.

Si nous n'admettons [2] pas une liaison linéaire entre les vitesses de déformation et les tensions de viscosité, ce qui est nécessaire lorsque le gradient de vitesses est élevé, nous trouvons de nouvelles équations d'équilibre du mouvement dans lesquelles les composantes de Stokes comportent des termes complémentaires du troisième ordre.

Nous limitant à l'hypothèse d'incompressibilité du fluide, nous trouvons que ces termes sont égaux à $T_{ii}^{(3)}$ pour les efforts normaux et à $T_{kl}^{(3)}$ pour les efforts tangentiels, soit

$$\left\{\begin{aligned} T_{ii}^{(3)} &= (D + E)\,\psi_i - \frac{E}{2}\frac{\partial u_i}{\partial x_i}\sum_j \varphi_j \\ T_{lk}^{(3)} &= \frac{D}{4}\left(\frac{\partial u_l}{\partial x_k} + \frac{\partial u_k}{\partial x_l}\right)\sum_j \varphi_j \end{aligned}\right. \qquad (i = j \neq l \neq k = 1, 2, 3), \tag{2}$$

(1) Séance du 17 novembre 1947.

(2) *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 713.

les quantités ψ_i et $\sum_j \varphi_j$, facilement calculables, étant fonctions des gradients de vitesses u'_{ij}.

D et E sont de nouveaux coefficients de viscosité dont les dimensions sont $ML^{-1}T^{+1}$.

Avec de telles hypothèses la fonction de dissipation A prend la valeur

$$(3)\quad A = \mu\left[\sum_k\sum_i\left(\frac{\partial u_i}{\partial x_k}\right)^2 + \sum_k\sum_i \frac{\partial u_i}{\partial x_k}\frac{\partial u_k}{\partial x_i}\right] - \sum_i\sum_k u_i \frac{\partial T_{ik}^{(3)}}{\partial x_k} \qquad (i, k = 1, 2, 3).$$

Outre l'équation de continuité qui s'écrit $\Sigma(\partial u_i/\partial x_i) = 0$, si nous admettons que les forces extérieures possèdent un potentiel, l'équation (1) devient

$$(4)\qquad A = \mu\left[\sum_i \omega_i^2 - \frac{2}{\rho}\Delta p + \frac{2}{\rho}\sum_i\sum_k \frac{\partial^2 T_{ik}^{(3)}}{\partial x_i \partial x_k}\right] - \sum_i\sum_k u_i \frac{\partial T_{ik}^{(3)}}{\partial x_k},$$

où ω_i désignent les composantes du vecteur rotationnel.

Appliquons la formule ci-dessus au cas particulier de l'écoulement turbulent; nous désignons par u_i les oscillations turbulentes qui se superposent à l'écoulement principal U_i.

Dans le cas de la turbulence isotrope ([3]), nous avons $u'_1 = u'_2 = u'_3$, où u'_i est la moyenne quadratique $\sqrt{\overline{u_i^2}}$.

Il est aisé de remarquer que l'équation de continuité fournit l'égalité

$$\left(\frac{\partial u_i}{\partial x_i}\right)'^2 + 2\,\overline{\frac{\partial u_i}{\partial x_i}\frac{\partial u_k}{\partial x_k}} = 0 \qquad (i \neq k = 1, 2, 3),$$

comme, par suite de l'indifférence du lieu, on a $\overline{\Delta p} = 0$, l'équation (4) donne pour la dissipation moyenne en turbulence isotrope l'égalité

$$\overline{A} = 3\mu\,\omega_i'^2 + \nu\,\overline{\sum_i\sum_k \frac{\partial^2 T_{ik}}{\partial x_i \partial x_k}}^{(3)} - \overline{\sum_i\sum_k u_i \frac{\partial T_{ik}}{\partial x_k}}^{(3)}.$$

Transformant le terme $3\mu\omega_i^2$, nous donnerons à cette dernière la forme définitive

$$\overline{A} = 7{,}5\,\mu\left(\frac{\partial u_i}{\partial x_k}\right)'^2 + 1{,}75\,\nu\,\overline{\sum_i\sum_k \frac{\partial^2 T_{ik}}{\partial x_i \partial x_k}}^{(3)} - \overline{\sum_i\sum_k u_i \frac{\partial T_{ik}}{\partial x_k}}^{(3)},$$

où nous retrouvons la relation de G. T. Taylor lorsque les coefficients D et E sont nuls.

([3]) K. Wieghardt, *Luftfahrtforschung*, 28 février 1941.

MÉCANIQUE ONDULATOIRE. — *Correspondance mécanique classique, mécanique ondulatoire; intégrale du deuxième ordre indépendante du temps.* Note [1] de M. **Robert Faure**.

Nous avions vu antérieurement [2] que pour le cas des systèmes soumis uniquement à un potentiel scalaire, il y avait existence simultanée des intégrales premières du premier ordre en mécanique classique et en mécanique ondulatoire. Dans le cas présent, le problème se complique du fait de l'existence de termes différentiels du premier ordre qui disparaissent, ainsi que le terme multiplicateur lors de l'approximation de l'optique géométrique.

Soit un système classique où l'hamiltonien H et la fonction intégrale première sont :

$$\mathrm{H} = \sum_i \frac{1}{2} \mathrm{A}_i p_i^2 + u,$$

$$\mathrm{F} = \sum_i \mathrm{P}_i p_i^2 + \mathrm{R},$$

F satisfaisant à E_1

$$\sum_i \left(\frac{\partial \mathrm{F}}{\partial p_i} \frac{\partial \mathrm{H}}{\partial q_i} - \frac{\partial \mathrm{F}}{\partial q_i} \frac{\partial \mathrm{H}}{\partial p_i} \right) = 0.$$

Les fonctions P_i, A_k, u et R satisfont aux équations

$$\text{(I)} \qquad \mathrm{P}_i \frac{\partial \mathrm{A}_k}{\partial q_i} - \mathrm{A}_i \frac{\partial \mathrm{P}_k}{\partial q_2} = 0 \qquad (i = k \text{ et } i \neq k),$$

$$\text{(II)} \qquad 2\mathrm{P}_i \frac{\partial u}{\partial q_i} - \mathrm{A}_i \frac{\partial \mathrm{R}}{\partial q_i} = 0.$$

L'équation de commutation de la mécanique ondulatoire E_2

$$\mathrm{AH} - \mathrm{HA} \equiv 0,$$

définit A à partir de F et de H

$$\mathrm{H} \equiv -\frac{h^2}{8\pi^2} \sum_i \left(\mathrm{A}_i \frac{\partial^2}{\partial q_i^2} + \mathrm{A}_i \frac{\partial}{\partial q_i} \log \mathrm{A}_i \sqrt{g} \frac{\partial}{\partial q_i} \right) + u,$$

$$\mathrm{F} \equiv -\frac{h^2}{4\pi^2} \sum_i \left(\mathrm{P}_i \frac{\partial^2}{\partial q_i^2} + h_i \frac{\partial}{\partial q_i} + \mathrm{R}_1 \right) + \mathrm{R}.$$

Elle fournit outre les équations (I) et (II), les équations aux dérivées

---

(1) Séance du 1er décembre 1947.

(2) *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 797.

partielles

$$\text{(III)}\quad \sum_i P_i \frac{\partial^2 A_k}{\partial q_i^2} - A_i \frac{\partial^2 P_k}{\partial q_i^2} - \sum_i A_i \frac{\partial}{\partial q_i} \log A_i \sqrt{g} \frac{\partial P_k}{\partial q_i} + 2 P_k \frac{\partial}{\partial q_k}\left(A_k \frac{\partial}{\partial q_i} \log A_k \sqrt{g}\right)$$

$$- \sum_i h_i \frac{\partial A_k}{\partial q_i} - 2 A_k \frac{\partial h_k}{\partial q_k} = 0,$$

$$\text{(IV)}\quad P_i \frac{\partial}{\partial q_i}\left(A_k \frac{\partial}{\partial q_k} \log A_k \sqrt{g}\right) + P_k \frac{\partial}{\partial q_i}\left(A_i \frac{\partial}{\partial q_i} \log A_i \sqrt{g}\right)$$

$$- A_i \frac{\partial h_k}{\partial q_i} - A_k \frac{\partial h_i}{\partial q_k} = 0.$$

Ces équations au nombre de C_n^1 et C_n^2 définissent les n fonctions h_i; on montre à partir des équations (1) qu'elles sont compatibles et donnent

$$h_i = \frac{\partial P_i}{\partial q_i} + P_i \frac{\partial}{\partial q_i} \log \sqrt{g}.$$

L'existence de la fonction R_1 sera étudiée ultérieurement. Toutefois son existence permet sa connaissance par des quadratures, à partir des A_i et P_i.

Nous pouvons donc énoncer le théorème suivant :

THÉORÈME. — *Quand une intégrale première classique*

$$\sum_i P_i p_i^2 + R$$

donne lieu à l'intégrale première quantique

$$- \frac{h^2}{4\pi^2}\left(\sum_i P_i \frac{\partial^2}{\partial q_i^2} + A_i \frac{\partial}{\partial q_i} + R_1\right) + R,$$

on a

$$h_i = \frac{\partial P_i}{\partial q_i} + P_i \frac{\partial}{\partial q_i} \log \sqrt{g}.$$

La fonction R_1 est déterminée uniquement par des quadratures, à partir des A_i et P_i, $\sqrt{g}$ étant la capacité tensorielle dans l'espace de configaration.

MÉCANIQUE ONDULATOIRE. — *Sur les relations d'incertitude de Heisenberg.* Note de M. **A. Tortrat**.

ψ étant la fonction d'onde, $f(u_i) = 1$ est la quadrique de dispersion relative aux coordonnées q_i, avec

$$f(u_i) = \int \psi^*(\Sigma u_i q_i)^2 \psi \, d\tau \qquad d\tau = dq_1, \ldots, dq_n.$$

Lors d'un changement linéaire sur les q_i (contrevariant) on devra considérer les u_i comme des coordonnées covariantes.

La quadrique relative aux coordonnées p_i est $G(x_i) = 1$ avec

$$\frac{h^2}{16\pi^2}G(x_i) = \int \psi^*(\Sigma x_i p_i)^2 \psi \, d\tau = \frac{h^2}{4\pi^2}\int \left| \Sigma x_i \frac{\partial \psi}{\partial q_i}\right|^2 d\tau.$$

Les coordonnées x_i ont ici un caractère contrevariant, on doit donc s'attendre à voir intervenir pour une signification géométrique simple la forme $F(x_i)$ polaire réciproque de $f(u_i)$.

On voit facilement que si

$$\psi = c\, e^{-\frac{\varphi(q_i)}{4}} = \psi_0(q_i),$$

$f(u_i)$ est la forme polaire de la forme quadratique φ. On a alors $G = \varphi$, soit : pour une loi de Gauss

$$G(x_i) - F(x_i) \equiv 0.$$

Pour l'étude du cas général posons, $f(u_i)$ étant supposée connue, donc aussi $F(x_i)$,

$$\psi = \psi_0 \chi(q_i) \qquad \psi_0 = c\, e^{-\frac{1}{4}F(q_i)} \qquad \|\psi_0\| = 1.$$

Soit

$$\xi_i = \frac{1}{2}\frac{\partial F}{\partial q_i} = \alpha_{ij} q_j \qquad F(q_i) = f(\xi_i),$$

$v_i = \beta_{ij} x_j$ définit le changement linéaire de variance contraire,

$$v'_i = \alpha_{ij} x_j \qquad F(x_i) = f(v'_i),$$

$$\frac{1}{4}G(x_i) = \int \left| \Sigma x_i \frac{\partial \psi}{\partial q_i}\right|^2 d\tau = \int \left| \Sigma x_i \left(\frac{\partial \chi}{\partial q_i} - \frac{1}{2}\xi_i \chi\right)\right|^2 |\psi_0|^2 d\tau,$$

soient trois termes : le premier est

$$\int \left| \Sigma x_i \frac{\partial \chi}{\partial q_i}\right|^2 |\psi_0|^2 d\tau,$$

le dernier

$$\frac{1}{4}\int |\Sigma x_i \xi_i|^2 |\psi|^2 d\tau = \frac{1}{4}\int |\Sigma v'_i q_i|^2 |\psi|^2 d\tau = \frac{1}{4} f(v'_i) = \frac{1}{4} F(x_i),$$

les termes rectangles s'annulent car, par exemple,

$$\int \left(\frac{\partial \chi}{\partial q_i}\chi^* + \frac{\partial \chi^*}{\partial q_i}\chi\right)\xi_j |\psi_0|^2 d\tau = \int |\psi_0|^2 \frac{\partial}{\partial q_i}(\chi\chi^*)\xi_j \, d\tau = -\int |\chi|^2 |\psi_0|^2 (\alpha_{ij} - \xi_i \xi_j)\, d\tau.$$

Or

$$\int |\chi\psi_0|^2 (\Sigma u_i q_i)^2 d\tau = \int |\chi\psi_0|^2 (\Sigma v_i \xi_i)^2 d\tau = f(u_i) = F(v_i) = \Sigma \alpha_{ij} v_i v_j,$$

soit

$$\int |\chi\psi_0|^2 \xi_i \xi_j \, d\tau = \alpha_{ij}.$$

donc

$$G(x_i) \equiv F(x_i) + 4\int \left| \sum u_i \frac{\partial \chi}{\partial q_i}\right|^2 \psi_0^2 \, d\tau.$$

La deuxième quadrique de dispersion est entièrement contenue dans la polaire réciproque de la première, sauf dans le cas d'une loi de Gauss, où elles se confondent. Le produit des formes quadratiques de dispersion est minimum dans ce cas, c'est, si on les rapporte à leurs axes,

$$f(u_i)\,G(x_i) \equiv (\Sigma\sigma_i^2 u_i^2)\left(\sum \frac{\sigma_i^2}{u_i^2}\right).$$

Expression développée du produit $\Delta p.\Delta q$ des écarts quadratiques moyens : si l'on développe ψ suivant les fonctions orthogonales d'Hermite dérivées de $e^{-(q^2/4\sigma^2)}$ avec $\sigma = \Delta q =$ écart quadratique moyen de q,

$$\psi = \sum_0^\infty a_n \psi_n^\sigma(q),$$

on a

$$(\Delta p)^2(\Delta q)^2 = \frac{h^2}{16\pi^2} + \frac{4\pi^2}{h^2}\sum_0^\infty n\,|a_n|^2.$$

Nous supposons p et q rapportées à leurs valeurs moyennes, et, bien entendu, $q\psi$ et $\partial\psi/\partial q$ de carrés sommables dans tout l'espace.

Si ψ dépend de r variables, on a

$$(\Delta p_i)^2(\Delta q_i)^2 = \frac{h^2}{16\pi^2} + \frac{h^2}{4\pi^2}\sum n_i|a_{n_1,\ldots,n_r}|^2,$$

les ψ_{ni} dérivant de $e^{-q\Sigma_i/4\sigma_i^2}$ et $\psi = \Sigma a_{n_1,\ldots,n_r}\psi_{n_1,\ldots,n_r}$.

L'application de ces formules est assez restreinte car elle exige qu'on rapporte ψ aux ψ_n^σ. Ainsi si ψ est la $n^{\text{ième}}$ fonction d'Hermite ψ_n^σ, cette formule ne peut s'appliquer, car Δq n'est pas pour $\psi_n^\sigma(q)$ égal à σ.

Les calculs montrent que si $\psi = \psi_n^\sigma$

$$\Delta p\,\Delta q = \frac{h}{2\pi}\left(p + \frac{1}{2}\right).$$

Ce résultat s'applique au $n^{\text{ième}}$ état stationnaire de l'oscillateur harmonique linéaire, précisant ainsi l'équivalence présumée par Heisenberg comme valable dans tous les cas : $\Delta p\,\Delta q \sim p(h/2\pi)$ pour le $p^{\text{ième}}$ niveau stationnaire.

ASTROPHYSIQUE. — *Étude théorique du spectre de certaines naines blanches.* Note (1) de M. **Evry Schatzman.**

Nous avons montré dans une précédente Note (2) qu'il était possible, malgré les phénomènes dus à l'effet Stark moléculaire, de se servir des valeurs usuelles

(1) Séance du 3 novembre 1947.

(2) *L'effet Stark moléculaire et la moyenne de Rosseland* (*Comptes rendus*, **225**, 1947, p. 1060).

de la moyenne de Rosseland. Nous avons cherché à calculer un modèle d'atmosphère et la répartition spectrale de l'énergie qu'il entraîne, pour une naine blanche théorique voisine de o_2 Eridani B. Notre choix s'est porté sur cette naine blanche pour les raisons suivantes : elle ne présente des conditions extrêmes ni de température ni de gravitation, et le calcul d'un modèle d'atmosphère ne pose aucun problème numérique compliqué pour le calcul de l'ionisation et du coefficient d'absorption. En particulier on peut négliger la diffusion de Thomson des électrons libres. Les microphotogrammes de son spectre donnés par Kuiper ([3]) sont bons, mais l'absence de toute donnée précise sur la répartition de l'énergie ne permet qu'une comparaison qualitative des calculs avec les résultats d'observation.

Nous avons supposé en accord avec les résultats indiqués dans une Note précédente ([4]) que l'atmosphère était faite d'hydrogène pur, ce qui introduit de notables simplifications pour le calcul de l'ionisation et du coefficient d'absorption.

Les tables de B. Strömgren ([5]) ont été utilisées pour le calcul de l'atmosphère $[T(x); N_0(x)]$. La répartition spectrale de l'énergie dans le spectre est calculée par la formule

$$\left(\frac{F}{\pi}\right)_{\tau_\nu=0} = 2\int_0^\infty B_\nu(\tau_\nu)\,K(\tau_\nu)\,d\nu \tag{1}$$

que l'on calcule à l'aide d'une formule de Gauss à trois termes

$$\left(\frac{F}{\pi}\right)_{\tau_\nu=0} = 0{,}767\,B_\nu(0{,}287) + 0{,}227\,B_\nu(1{,}814) + 0{,}0066\,B_\nu(5{,}385). \tag{2}$$

Nous avons choisi pour l'étoile étudiée une température définie par $\theta = 0{,}40 = 5040/T$ et un champ de pesanteur d'intensité $g = [7{,}69]$. On obtient ainsi un fond continu qui présente de nombreuses analogies avec le spectre observé. Cependant le phénomène de recouvrement partiel des raies spectrales a pour effet d'abaisser encore le fond continu dans la région des raies de Balmer. Pour calculer le coefficient d'absorption, nous utilisons l'expression donnée par Pannekœk ([6]). Nous supposons que lorsque sous l'influence d'un champ électrostatique F le système de raies Stark présente une largeur totale $2sF$, le coefficient d'absorption a une valeur constante dans tout cet intervalle spectral, en raison de l'élargissement des raies par collisions avec les électrons. Dans ces conditions la raie de Balmer de nombre quantique n présente un coefficient d'absorption

$$k(\Delta\lambda) = \frac{\pi e^2}{mc^2}\lambda^2 f \frac{1}{SF_0}\,\frac{1}{2}\int_\beta^\infty \frac{w(\beta)}{\beta}\,d\beta, \tag{3}$$

([3]) *Naines blanches* (*Actualités scientifiques et industrielles*, Hermann, N° **897**).

([4]) *Le triage des éléments dans une atmosphère non isotherme* (*Comptes rendus*, **225**, 1947, p. 990).

([5]) *Publikationer og mindre Meddelelser fra Københavns Observatorium*, Nr. **138**.

([6]) *M. N.*, **98**, 1938, p. 694.

f étant la force de la raie spectrale et $\beta = F/F_0$ le champ rapporté au champ normal ([7]). Nous superposons en un point situé à mi-distance des raies n et $n+1$ l'absorption due aux raies $n-1$, n, $n+1$, $n+2$. En ajoutant ce coefficient d'absorption à celui trouvé précédemment pour le fond continu, nous pouvons calculer un nouveau contour pour la répartition de l'énergie dans le spectre. On observe alors un accord qualitatif avec le spectre de o_2 Eridani B. Nous pouvons donc conclure qu'*il est sans doute possible d'expliquer quantitativement l'aspect du spectre des naines blanches par une atmosphère d'hydrogène pur dans un champ de pesanteur intense.*

Les résultats antérieurs ([4]) ainsi que les résultats présents permettent de donner une autre explication que celle donnée par Blackett ([8]) pour expliquer le spectre des naines blanches. L'absence de raies métalliques s'explique par l'important triage des éléments dû au champ de pesanteur. Dans le seul cas où l'atmosphère d'hydrogène est très mince, les raies des métaux pourront apparaître. L'élargissement des raies de Ca^+ dans Van Maanen 2 est sans doute dû à l'amortissement par choc.

ASTROPHYSIQUE. — *Influence de l'activité solaire sur le nombre des découvertes de comètes.* Note de MM. **František Link** et **Vladimír Vanýsek**, présentée par M. Bernard Lyot.

Il y a 80 ans, Bruhns ([1]) a fait remarquer que le nombre de comètes découvertes au voisinage du minimum solaire en 1844 et 1856 était particulièrement faible. L'idée d'une telle corrélation fut combattue par R. Wolf ([2]), mais le nombre d'observations était insuffisant pour trancher la question. Nous l'avons reprise en nous basant sur le catalogue de Yamamoto (*Publ. Kwasan Obs.*, 1, 4; 1936), complété par nous après 1936. Pour simplifier, nous avons admis que le nombre de découvertes par an ne diffère pas sensiblement du nombre de comètes ayant passé, la même année, au périhèle et ce dernier nombre figure dans nos statistiques.

Il est d'abord évident que le nombre de comètes découvertes par an croît avec le temps, du fait que l'activité astronomique, sur la Terre, va en croissant. Depuis le début de notre ère jusqu'à la fin du XVIIe siècle, on trouvait environ 20 comètes par siècle. Au XVIIIe siècle ce nombre devient triple et, à partir de 1850, le nombre se maintient au voisinage de 5 découvertes par an. Nous avons donc commencé nos statistiques par le minimum solaire de 1844 et nous les avons étendues durant un siècle, jusqu'à 1944, c'est-à-dire pendant 9 cycles solaires. Les résultats sont résumés dans le tableau suivant :

([7]) *Ann. Physik*, **58**, 1919, p. 577.
([8]) *Nature*, **159**, 1947, p. 658.

([1]) *A. N.*, **68**, 1867, p. 367.
([2]) *A. N.*, **70**, 1867, p. 107.

Minimum solaire.	Comètes période.	Comètes non périod.	Somme.	Petites planètes.	Pluie 1856-1900 (%).	Nombre des taches.
+ 0^a......	11	22	33	128	+2,7	9
+ 1	20	29	49	109	−4,2	35
+ 2	20	32	52	125	−4,7	62
+ 3	14	29	43	119	−0,7	92
+ 4	16	18	34	124	−1,0	89
+ 5	14	23	37	119	+2,5	79
+ 6	16	28	44	116	+1,1	53
+ 7	14	35	49	117	−4,6	40
+ 8	17	33	50	105	−3,2	25
+ 9	14	20	34	119	+0,3	15
+10	7	19	26	58	+7,6	12
+11	7	8	15	57	−	3
Totaux..	172	299	471	1296	−	−

Comme la longueur du cycle solaire ne dépasse pas toujours 11^a, les colonnes 10^a et 11^a ne sont pas complètes.

On voit qu'il y a deux maxima de comètes qui se placent sur la branche ascendante et descendante des taches et deux minima qui coïncident sensiblement avec les extrêmes des taches. On peut avancer deux explications possibles de ce phénomène. D'après la première explication, dans le nombre de comètes se reflètent tout simplement les conditions météorologiques régnant sur la Terre. En effet, les statistiques de Hellmann (*Veröff. Preuss. Met. Inst.*, 207, 1909) concernant la pluie en Europe montrent des maxima de pluie là où nos statistiques cométaires accusent des minima et vice versa. Ce serait encore une manifestation quoique indirecte de l'activité solaire. Pour adopter définitivement cette explication, il faudrait démontrer que les conditions d'observation telles que la nébulosité suivent le cycle de Hellmann partout où l'on observe les comètes. Comme la preuve directe nous manque, dans ce cas nous l'avons remplacée par la statistique des découvertes de petites planètes (1844-1933). Or le nombre de *nouvelles* découvertes, qui devrait être aussi sensible aux conditions d'observation, ne montre aucune variation systématique au cours du cycle solaire.

C'est pour cette raison que nous nous pencherons provisoirement vers une autre explication. Le nombre de découvertes est une fonction de l'éclat des comètes et celui-ci dépend en partie de l'action excitatrice des radiations solaires. Dans cet ordre d'idées, les conditions optima se présenteraient deux fois par le cycle solaire pour des raisons, soit physiques, soit géométriques. De plus, les comètes périodiques paraissent se comporter autrement que les comètes non périodiques La discussion plus complète de ces circonstances sera donnée dans une autre publication.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur les essaims de molécules dans les liquides.* Note de M. **Jacques Winter.**

Dans une Note récente ([1]) nous avons tenté d'expliquer le phénomène des écoulements laminaires, en introduisant la notion de filet de molécules se déplaçant d'un bloc. Nous n'avons fait que reprendre la notion d'essaim d'Ornstein et Kast ([2]), en lui ajoutant des propriétés physiques et géométriques. Il était d'ailleurs inutile dans le cas que nous avons étudié, de supposer le filet monomoléculaire. Cela nous conduit à une longueur trop considérable. Supposons une section droite équivalente à un carré de 40×40 molécules. En prenant la même distribution globale des vitesses, le gradient de vitesse en passant d'un filet au filet voisin sera 40 fois plus grand, et cela nous permettra de prendre (d'après la loi de de Broglie) une masse, donc une longueur $(40)^3$ fois plus faible. Soit une longueur de $1{,}6.10^{-5}$ cm, ou de 1600 molécules (la distance intermoléculaire étant supposée de 10^{-8} cm). Le nombre de molécules du filet serait alors de l'ordre de $2{,}5 \times 10^6$.

Peut-on évaluer d'une autre manière ce dernier chiffre?

Pour la plupart des liquides, loin du point critique, l'augmentation des dimensions linéaires lors de la fusion est de l'ordre de 2 à 3 %. En supposant cette augmentation due à des interstices vides séparant des essaims (ce qui n'est qu'une image grossière) et en supposant ces interstices de l'épaisseur d'à peu près une couche moléculaire, nous trouvons pour les dimensions linéaires d'un essaim d'une à deux centaines d'intervalles moléculaires; soit quelques millions de molécules par essaim, ce qui concorde avec l'hypothèse précédente. Bien entendu, lorsque la température s'élève notablement au-dessus du point de fusion, les dimensions des essaims diminueront, ce qui correspondra à une dilatation du liquide.

Comment pouvons-nous interpréter la constitution des essaims? Adoptons l'hypothèse de Pauling ([3]) sur la constitution des cristaux : Leur cohésion provient, notamment, de liaisons de valence ([4]) en résonance entre les diverses positions reliant deux molécules voisines du réseau cristallin (ou deux atomes voisins). Il existe dans l'état solide une distribution ordonnée des liaisons de valence en résonance. (Ce dernier point n'est pas précisé par Pauling.) Lorsqu'au moment de la fusion, l'ordre est rompu par l'agitation thermique, il se produira des zones d'accumulation des liaisons de valence (qui sont forcément

([1]) *Comptes rendus*, **229**, 1947, p. 859.

([2]) Frenkel, *Kinetic Theory of liquids*, Oxford, 1946, p. 302-307. Voir aussi *Les groupes cybotactiques de Stewart*, p. 96 et p. 302-307.

([3]) *The Nature of the chemical bond* (*Cornell University press*, 1945, Chap. XI).

([4]) Elle provient aussi de liaisons monomoléculaires. Pour simplifier nous ne les mentionnons qu'ici.

étendues, en raison du principe de Pauli, qui interdit une accumulation trop forte des électrons et des liaisons de valence). Entre ces zones, il y aura des coupures où des liaisons de valence auront été disloquées et ne pouvant dépasser de beaucoup une couche moléculaire. Ces zones constitueraient les essaims (ou filets, dans le cas où ils sont allongés). Ils différeront d'un microcristal de mêmes dimensions en raison des fluctuations des écarts moléculaires ou atomiques, dues aux irrégularités des déplacements ou résonances des liaisons de valence. Mais ces fluctuations ne sont pas en contradiction avec l'existence de champs périodiques s'exerçant sur une étendue de plusieurs centaines d'intervalles, tels que ceux que nous avons introduits pour expliquer les écoulements laminaires. Les zones intersticielles jouent le rôle des trous qu'on considère souvent en théorie des liquides.

Pouvons-nous, à l'aide de cette notion d'essaim, tenter d'expliquer d'autres phénomènes difficiles à comprendre? Essayons de l'appliquer à la viscosité des liquides. On sait que la viscosité des gaz, expliquée à l'aide de transferts de quantité de mouvement, croît lorsque la température s'élève. Celle des liquides, au contraire, décroît. Sa cause doit donc être complètement différente. Considérons un liquide comme constitué par une juxtaposition d'essaims. Ceux-ci sont de formes irrégulières et variant, d'ailleurs, sans cesse avec le temps, en suivant les fluctuations des répartitions des valences. Lorsqu'une couche d'essaims se déplace, ses protubérances heurteront la couche voisine et il y aura transfert mécanique d'énergie et création de chaleur. La viscosité sera d'autant plus faible que la forme des essaims sera plus régulière. Or, comment varie cette forme avec la température? plus la température est élevée, plus nombreux et violents sont les chocs thermiques entre essaims voisins. Les protubérances qui se développent aux surfaces des essaims en suivant les fluctuations des distributions de valence, seront écrasées par ces chocs thermiques et les formes des essaims seront d'autant plus régulières que la température sera plus élevée. La viscosité ira donc en décroissant. Si ces vues sont fondées, la viscosité des liquides est assimilable à une sorte de frottement solide, puisque celui-ci se ramène en dernière analyse, à des chocs d'aspérités (si nous négligeons l'action des couches liquides et gazeuses adsorbées) ([4]).

La forme moyenne des essaims (puisqu'elles fluctuent sans cesse avec le temps) doit dépendre évidemment des conditions géométriques et cinématiques du milieu : ainsi, elle doit prendre l'allure de filets dans certains courants. Les liaisons de valence résonneront dans des structures limitées, sans cesse variables (à l'exception des surfaces libres, ou de contact, qui, évidemment, conservent un caractère de permanence), tandis que dans les cristaux, elles résonnent dans des structures géométriques fixes et étendues.

([4]) Pöschl, *Physics of solids and fluids*, Blackie, 1932, p. 71-72.

THERMODYNAMIQUE. — *Contribution à la recherche de l'équation d'état des fluides.* Note de M. **Dragolioub Milosavliévitch**, présentée par M. Aimé Cotton.

Nous avons montré (¹) que l'équation des fluides correspondant aux courbes de saturation s'écrit

$$\frac{rT}{pv} = e^{\left(1-\frac{pv}{rT}\right)\left[1-\frac{v_k}{v}\varphi(T)\right]}. \tag{1}$$

Pour connaître cette équation d'état, il est nécessaire de déterminer la fonction φ. Nous avons trouvé qu'elle a l'expression suivante

$$\varphi(T) = \frac{T_k}{T} - \left(1 - \frac{T_{k'}}{T}\right) e^{-\left(1-\frac{T_{k'}}{T}\right)}. \tag{2}$$

Elle contient la température T comme variable et les températures T_k (du point critique) et $T_{k'}$ (du point triple) comme paramètres.

Enfin, nous avons constaté que les équations (1) et (2) sont aussi valables pour tous les gaz réels tant qu'on a $p \leqq p_k$.

La vérification a été faite pour le cyclohexane C_6H_{12} (pour l'isotherme critique), le gaz carbonique (pour les isothermes de 25° C. et 40° C.) et l'eau (pour les isothermes de 370° C. et 400° C.).

A titre de vérification, nous avons appliqué les équations (1) et (2) à la détermination du point de Boyle T_B pour l'azote. Cette température T_B est déterminée par l'équation

$$\varphi(T) = 0 \quad \text{ou} \quad \frac{T_k}{T} - \left(1 - \frac{T_{k'}}{T}\right) e^{-\left(1-\frac{T_{k'}}{T}\right)} = 0. \tag{3}$$

Pour l'azote on a

$$T_k = 126° \text{K.} \quad \text{et} \quad T_{k'} = 63{,}3° \text{K.}$$

et l'équation (3) donne

$$T_B = 349° \text{K.}, \quad t_B = 76° \text{C.}$$

Chappuis avait trouvé que t_B devait être entre 50° C. et 70° C. à la suite de ses expériences sur les thermomètres à gaz à pression ou à volume constants (²). L'équation de van der Waals donnerait (²) $t_B = 152°$ C. et celle de Clausius (²) $t_B = 38°$ C.

(¹) *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 671.

(²) Bruhat, *Thermodynamique*, Paris, 1933, p. 65.

CHALEUR. — *L'inertie thermo-mécanique.*

Note (¹) de M. **Pierre Vernotte**, présentée par M. Aimé Cotton.

Un article assez récent de Bosworth (²), dont nous n'avons eu connaissance que tardivement, a signalé la nécessité d'introduire, dans les problèmes de convection de la chaleur, pour tenir compte de l'inertie *mécanique* des masses fluides, un terme supplémentaire, dit d'*inductance thermique* par analogie avec la self-induction de l'électromagnétisme, et cela, précisément, pour tirer parti de l'analogie *électrique* de la chaleur.

Nous croyons devoir rappeler que, dans notre Ouvrage *Expériences sur le refroidissement d'un corps chaud par un courant d'air*, publié (³) en 1933 avec la collaboration de M. Émile Blouin, nous avions déjà décrit, dans le même but, une inertie *thermo-mécanique*, à la suite d'expériences sur le réchauffement spontané, par les parois, d'une masse d'air comprimé contenue dans un réservoir de l'ordre du *mètre cube*, et refroidie initialement par une brève détente.

La température moyenne de cet air était donnée, après la détente, par l'observation différentielle de la pression. La loi du réchauffement moyen n'était manifestement pas une simple exponentielle du temps, comme l'eût entraîné la conception classique de l'échauffement de la *capacité* calorifique de la masse à travers la *résistance de passage* de la chaleur de la paroi à l'air. Il nous avait semblé possible de représenter l'écart à la loi classique par une *deuxième* exponentielle, de constante de temps sensiblement plus courte, et où nous avions vu précisément l'effet de l'*inertie* des filets d'air dont le mouvement, commandé par la différence de température air-paroi, devait permettre le réchauffement de l'air, inertie qui devenait sensible dans les réservoirs de grandes dimensions.

Nous avions traité le problème en utilisant complètement et explicitement l'*analogie* électrique : « la différence de potentiel correspond ici à la différence de température paroi-air, la résistance ohmique à la résistance thermique de passage de la chaleur de la paroi à l'air, la capacité électrostatique, à la capacité calorifique de l'air, l'intensité du courant, au flux de chaleur, la self-induction à l'inertie thermo-mécanique ». Nous avions poussé l'analogie « jusqu'à écrire les mêmes *conditions aux limites* que dans le cas l'électromagnétisme... au commencement d'un phénomène de réchauffement le flux de chaleur est *nul* » (³).

Cette idée, évidemment trop simple, nous avait paru intéressante en ce qu'elle permettait de traiter en *deuxième approximation* le problème de l'échauffement

---

(¹) Séance du 10 décembre 1947.

(²) *Nature*, **158**, 1946, p. 309.

(³) *Publications scientifiques et Techniques du Ministère de l'Air*, n° 36, p. 47, Paris.

externe de *grandes* masses d'air. Mais nous ne l'avons pas alors développée parce que, peu de temps après ce premier travail, notre attention avait été attirée sur un aspect bien *plus* important de ces mouvements de chaleur (4) : par suite de l'apparition d'une *discontinuité* (théorique) de température entre la paroi et l'air, et du fait de la loi que nous avons dite *en racine carrée*, la paroi cède, dans les premiers instants, malgré la faible capacité calorifique et la faible conductivité de l'air, une quantité de chaleur *appréciable*. Le flux de chaleur initial, au lieu d'être *nul* comme dans la théorie analogique, se trouvait même *infini* (théoriquement).

L'effet de l'inertie était donc couvert par un *gros* phénomène. La deuxième exponentielle due à l'inertie ne pouvait plus suffire pour une théorie de deuxième approximation, de caractère *simple* et lumineux; un calcul fort difficile, suivant de près le mécanisme réel, et ne se contentant plus d'analogies, devenait nécessaire; l'élégante stylisation de l'*inertie thermomécanique* perdait beaucoup de l'intérêt qu'elle avait eu d'abord à nos yeux.

Nous avons cependant continué à en utiliser la notion, mais sous une forme qui, bien que fort importante, était moins voyante; elle nous a permis, en effet, dans l'étude (5) des *brefs* passages de chaleur dans un fluide par *bouffées de conduction*, de négliger tout effet proprement *convectif*, l'inertie maintenant, au début, le fluide dans son état de repos ou de mouvement forcé, et tout se réduisant à un phénomène de conduction *pure*, beaucoup plus abordable au calcul.

Nous tenons, en terminant, à souligner avec quelle facilité, dans les limites de la précision honorable des expériences, deux conceptions toutes différentes et même opposées (flux de chaleur initial ou *nul*, ou *infini*) avaient permis de traduire nos expériences de réchauffement spontané de grandes masses d'air, ce qui rappelle une fois de plus la décevante *souplesse* des expressions analytiques, et la prudence avec laquelle il faut accueillir l'*accord* entre une conception théorique et des expériences quantitatives de contrôle (6).

ÉLECTRICITÉ. — *Nouveau type de galvanomètre à cadre mobile à sensibilité réglable*. Note de M. **Gaston Dupouy**, présentée par M. Aimé Cotton.

Nous avons réalisé, dès 1940, un galvanomètre à cadre mobile, dont la sensibilité est réglable.

Le principe de cet instrument consiste à opposer au couple de torsion du galvanomètre classique, un couple antagoniste magnéto-cristallin, variable

(4) P. Vernotte, *Compte rendus*, **198**, 1934, p. 57.

(5) Cf. en particulier, P. Vernotte, *Science et Industrie*, janvier 1938.

(6) P. Vernotte, *Comptes rendus*, **200**, 1935, p. 809.

dans de larges limites. Celui-ci est dû à l'action d'un champ magnétique auxiliaire agissant sur un petit cristal fixé, dans le prolongement du ruban de suspension, sur l'axe de l'équipage mobile.

Considérons, par exemple, un cristal rhomboédrique de *sidérose* (CO_3Fe). Ce corps, paramagnétique, présente une forte anisotropie magnétique; ses coefficients d'aimantation ont respectivement pour valeur, à la température de $16^\circ,7$: suivant l'axe ternaire : $\chi_1 = 104,5.10^{-6}$ et, selon une direction perpendiculaire : $\chi_2 = 56,6.10^{-6}$. Supposons, pour l'instant, que le cristal soit libre de se mouvoir dans un champ magnétique $\mathcal{H}$, autour d'un axe de rotation perpendiculaire à l'axe ternaire; celui-ci fait un angle initial θ_0 avec le champ $\mathcal{H}$. Dans ces conditions, nous savons qu'un cristal de masse m est soumis à un couple magnéto-cristallin de moment :

$$\mathcal{M} = \frac{1}{2} m(\chi_1 - \chi_2)\mathcal{H}^2 \sin 2\theta_0.$$

Le couple est maximum pour $\theta_0 = \pi/4$. Il est nul pour $\theta_0 = \pi/2$ et $\theta_0 = 0$. Dans cette dernière position, l'axe de plus forte aimantation est parallèle au champ et l'équilibre est stable. Pour $\theta_0 = \pi/2$, au contraire, *l'équilibre est instable*. Dès qu'on fait tourner le cristal d'un tout petit angle ε autour de cette position, il s'en écarte et vient se fixer en $\theta_0 = 0$, tournant ainsi de 90°. C'est cette instabilité de l'équilibre que nous utilisons dans le présent dispositif.

La rotation initiale sera provoquée par le passage du courant à mesurer dans le cadre de l'équipage, solidaire du cristal. Au couple moteur électromagnétique, s'ajoutera le couple $\mathcal{M}$. En d'autres termes, celui-ci agira en sens inverse du couple de torsion. Mais l'appareil a-t-il une position initiale d'équilibre bien définie?

En général, si θ_0 a une valeur quelconque, comprise entre 0 et $\pi/2$, le cristal va tourner d'un angle ρ sous l'action du champ $\mathcal{H}$, et il prendra une position d'équilibre telle que les moments du couple magnéto-cristallin et du couple de torsion du ruban soient égaux et opposés. On a alors

$$\frac{1}{2} m(\chi_1 - \chi_2)\mathcal{H}^2 \sin 2(\theta_0 - \rho) = C\rho,$$

où C est la constante de torsion du ruban de suspension.

Dans le cas où $\theta_0 = \pi/2$, nous avons montré par ailleurs (¹) le fait fondamental suivant : *tant que le champ est inférieur à la valeur* $\mathcal{H}_0 = C/m(\chi_1 - \chi_2)$, *le cristal garde sa position initiale d'équilibre*. Si cette condition est réalisée, la

---

(¹) G. Dupouy, *Recherches expérimentales sur les propriétés magnétiques des cristaux. Contribution à la mesure des champs magnétiques*, Thèse, Paris, 1930; *Annales de Physique*, 10ᵉ série, 15, 1931, p. 495.

position d'équilibre de tout l'équipage, quand aucun courant ne passe dans le cadre (zéro de l'appareil), correspond bien à une torsion nulle du ruban de suspension.

Il va de soi qu'en faisant varier l'intensité du champ auxiliaire $\mathcal{H}$, de o à $\mathcal{H}_0$, on pourra régler le couple magnéto-cristallin dans de larges limites et, par suite, la sensibilité du galvanomètre. Ce résultat est obtenu en déplaçant un shunt magnétique, au moyen d'une vis, entre les pôles d'un aimant auxiliaire. Celui-ci est disposé sous l'aimant principal, dans l'entrefer duquel tourne le cadre.

Le cristal utilisé a la forme d'un petit cylindre, centré sur l'axe de rotation de l'équipage. Sa masse est d'environ 10^{mg}; l'accroissement du moment d'inertie de l'ensemble est donc négligeable.

Nous nous sommes attaché, par ce moyen, à accroître la sensibilité du galvanomètre, tout en conservant à l'appareil une résistance critique relativement faible.

Les résultats suivants ont été obtenus au moyen de deux instruments récemment construits au laboratoire par M. Coursaget qui en donnera, par ailleurs, une description détaillée.

Équipage n° 1 (résistance interne : 350 Ω).

Résistance critique (en Ω).	Action du cristal.	Période (sec.).	Sensibilité $\times 10^{-10}$ A.	$\times 10^{-8}$ V.
45	nulle..........	1,6	100	45
	maxima.......	6,0	13	6
250	nulle..........	1,9	25	60
	maxima.......	5,1	7	18

Équipage n° 2 (résistance interne : 100 Ω).

Résistance critique (en Ω).	Action du cristal.	Période (sec.).	Sensibilité $\times 10^{-10}$ A.	$\times 10^{-8}$ V.
100	nulle..........	5,0	12,2	12
	maxima.......	12,0	3,0	3
350	nulle..........	4,0	8,5	30
	maxima.......	6,5	4,0	14

Les sensibilités indiquées se rapportent à un déplacement du spot de 1^{mm} sur une règle placée à 1^{m}.

Les nombres ci-dessus sont ceux qui correspondent à une bonne fidélité de l'instrument. En fait, nous avons pu accroître les sensibilités bien au delà : l'action seule du couple magnéto-cristallin permet, par exemple, de les multiplier par 20. Mais la fidélité laisse alors à désirer, en raison de causes diverses. Leur étude détaillée permet d'espérer qu'on améliorera encore les qualités de l'instrument.

ÉLECTRICITÉ. — *Émission par effet couronne aux hautes températures et hautes pressions. Une généralisation de la loi de Paschen.* Note de MM. **Marcel Pauthenier** et **Jacques Rousse**, présentée par M. Aimé Cotton.

Jusqu'à ces derniers temps, l'effet couronne dans l'air n'avait été étudié que dans un domaine déterminé surtout par l'établissement des lignes de transport d'énergie électrique à haute tension. Les récentes utilisations de l'effet couronne nécessitent une expérimentation plus étendue et plus précise.

Nous présentons ici une contribution à l'étude de l'effet couronne dans l'air sec. Nos travaux, partant des conditions normales, s'étendent jusqu'à 200° C. et 6 atmosphères.

Nous avons mesuré les gradients critiques et relevé les courbes d'émission $i=f(U)$ jusqu'à $i=5{,}7\,\mu$ A/cm de fil émetteur dans un dispositif formé par deux cylindres coaxiaux ($R=3^{cm},075$ et $r=0^{cm},01$). Le cylindre extérieur est muni d'anneaux de garde.

Les mesures ont été réalisées en potentiel positif et ont porté : 1° sur des températures de 10 à 200° à la presssion normale; 2° sur des pressions de 1 à 6 atmosphères à la température normale; 3° sur l'effet combiné de la température et de la pression.

Les résultats sont les suivants : *a*. Les gradients critiques qui correspondent au seuil de l'effet couronne se traduisent par la formule

$$g_c = 30{,}5\,\delta + \frac{8{,}65\,\delta}{\sqrt{\delta r}},$$

dont la forme $[g_c = a\,\delta + (b\,\delta/\sqrt{\delta r})]$ est la même que pour les formules données (pour un domaine étroit de δ) par différents auteurs ([1]). g_c, gradient critique en kV/cm; δ, densité relative de l'air avec $\delta=1$ pour 76^{cm} de Hg et 25° C.; r, rayon du fil émetteur en centimètres.

b. *Dans le domaine très étendu* de température et de pression que nous avons étudié, c'est encore uniquement la masse spécifique de l'air qui détermine le gradient critique.

c. *La courbe d'émission* ne dépend elle-même que de la masse spécifique de l'air.

Les résultats b et c constituent une généralisation de la loi de Paschen au phénomène d'émission couronne : les phénomènes sont déterminés par le nombre de molécules de gaz par centimètre cube.

Au cours de ces travaux, nous avons étudié concurremment :

L'influence de la forme du potentiel : les potentiels positifs donnent seuls un seuil d'émission bien défini.

---

(1) Peek, *Les diélectriques*, 1924. (Townsend, passim.)

L'influence du rayon du fil émetteur pour des valeurs de r comprises entre $0^{cm},015$ et $0^{cm},0015$ et nous proposons dans ce domaine la forme

$$g_c = 62,7 + \frac{1,74}{r^{\frac{3}{4}}}$$

(r en cm, g_c en kV/cm).

L'influence du renouvellement de l'air : elle est nulle sur le seuil, mais pour une tension supérieure à la tension critique, un air renouvelé provoque, comme on peut s'y attendre, un débit ionique légèrement plus grand.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur les discontinuités de potentiel entre un métal et un semi-conducteur liquide.* Note de M. **Jean-Louis Eck**, présentée par M. Aimé Cotton.

Le passage d'un courant dans un semi-conducteur s'accompagne souvent de l'apparition de discontinuités de potentiel aux électrodes. Dans le cas des solides, Bodin [1] et Déchène [2] ont montré que ces chutes de tension ne pouvaient être attribuées à la formation de couches intermédiaires entre le métal et le semi-conducteur. Pour les liquides, Sambussy [3] admet au contraire que très souvent il se produit une oxydation du métal due aux traces d'humidité résiduelle, qui permet d'expliquer l'existence de chutes anodiques.

Les expériences que j'ai faites sur l'acétone et le nitro-benzène, avec diverses électrodes [4], m'ont permis de confirmer l'hypothèse de Sambussy, dans la plupart des cas. En effet, les anodes présentent souvent une attaque marquée, très visible en particulier pour le zinc, l'aluminium, le cuivre, le tantale, métaux pour lesquels apparaissent des chutes anodiques dès que la tension appliquée est suffisante (150 à 300 volts). D'autre part, les discontinuités correspondantes ne se créent que progressivement avec le passage du courant, alors qu'une oxydation préalable les fait apparaître immédiatement. Elles disparaissent lorsque après avoir nettoyé les électrodes on les replonge dans le liquide, et subsistent au contraire lorsque sans les sortir de la cuve, on rétablit le courant après une interruption de plusieurs jours . Enfin lorsqu'on inverse le courant, une discontinuité apparaît immédiatement à l'électrode devenue cathode.

Entre électrodes d'aluminium distantes de 2^{cm} sous 240 volts, j'ai obtenu les résultats suivants :

Avant inversion :

Discontinuité anodique — $V_a = 82$ volts,
Discontinuité cathodique — $V_c = 0$.

---

(1) *Annales de Physique*, **7**, 1927, p. 88.
(2) *Thèse*, Paris, p. 40.
(3) *Comptes rendus*, **192** et **193**, 1931 p. 490 et **194**, 1932, p. 1724.
(4) *Thèse*, Montpellier, 1944.

Aussitôt après inversion :

$$V'_c = 38 \text{ volts} - V'_a = 0.$$

Au bout de 152 heures, V'_c était réduite à 18 volts, ce qui peut s'expliquer par une réduction partielle de l'oxyde.

En admettant l'hypothèse d'une couche intermédiaire entre le métal et le semi-conducteur, on devrait, si cette couche ne subissait aucune modification, et si elle possédait une résistance bien définie, grande devant celle du liquide, vérifier que la discontinuité de potentiel correspondante est fonction linéaire de l'intensité. C'est ce que l'on observe avec l'aluminium où V_a atteint 300 volts pour $i = 80$ microampères. Mais cette loi n'est généralement pas vérifiée avec les autres métaux : avec le nickel, par exemple, la discontinuité anodique présente un maximum de 40 volts pour $i = 15$ microampères, entre électrodes distantes de 5^{cm}. Ces anomalies peuvent s'expliquer par le fait que les résistivités de l'oxyde et du liquide doivent être alors du même ordre de grandeur. Il faut également tenir compte du fait que la couche d'oxyde est susceptible de se modifier et qu'il existe une discontinuité de potentiel au contact métal-oxyde.

Des chutes de tension se manifestent aussi à la cathode avec certains métaux, en particulier le plomb et le platine. Avec celui-ci les discontinuités cathodiques sont d'autant plus marquées que les électrodes sont plus rapprochées. Elles peuvent atteindre 250 volts pour 1000 volts appliqués avec une distance de $2^{cm},5$. Les discontinuités de potentiel entre le nitrobenzène et les cathodes de platine présentent les mêmes caractères que les chutes de tension observées aux anodes d'aluminium. Elles varient avec l'intensité d'une façon sensiblement linéaire. On peut donc penser qu'elles sont également provoquées par l'établissement d'une couche intermédiaire entre le métal et le semi-conducteur; sans doute s'agit-il d'hydrogène adsorbé par l'électrode, et provenant de l'électrolyse de l'humidité résiduelle. Cette hypothèse semble confirmée par le fait que ces chutes disparaissent lorsque le liquide a été préalablement soumis à un champ intense avant introduction de l'électrode, opération qui permet d'éliminer toute trace d'humidité.

Par contre certaines discontinuités de potentiel paraissent difficilement imputables à l'existence d'une couche intermédiaire. Elles se présentent sous une tension supérieure à 600 volts aux anodes de platine surtout lorsque celles-ci sont associées à des cathodes de nickel, et ne dépassent pas une cinquantaine de volts. Les chutes de tension que l'on observe aux cathodes de zinc, d'aluminium et de nickel sous tension suffisante, rentrent également dans cette catégorie. On peut les expliquer par la présence de charges spatiales dans le liquide au voisinage des électrodes, et leur appliquer le calcul fait par Déchène pour les semi-conducteurs solides. Il est d'ailleurs probable que les charges spatiales jouent un rôle même s'il existe une couche intermédiaire oxydée et qu'en définitive la discontinuité que l'on mesure alors est due à trois causes : discon-

tinuité au contact métal-oxyde, chute ohmique de tension dans la couche d'oxyde et discontinuité de potentiel due aux charges spatiales dans la portion du liquide avoisinant immédiatement l'électrode.

ONDES CENTIMÉTRIQUES. — *Antenne omnidirectionnelle à guide* E_{01} *fendu, pour ondes centimétriques.* Note de M. **Jean Benoit**, présentée par M. Aimé Cotton.

Alors que les systèmes rayonnants à fentes ont été très utilisés avec des guides rectangulaires, il existe peu d'antennes à guide circulaire fendu pour ondes centimétriques. Le système proposé ici met en œuvre une onde E_{01} guidée par un tube circulaire d'axe vertical.

Les premiers essais ont été réalisés entre 8,5 et 11^{cm} de longueur d'onde (oscillateur à klystron reflex); le guide a un diamètre intérieur de 10^{cm}; l'onde E_{01} est purifiée par un filtre d'onde; la terminaison du guide peut, si besoin est, être obtenue par un cône en bois d'angle au sommet suffisamment petit. On a choisi l'onde E_{01} à cause de sa symétrie de révolution autour de l'axe du guide, et de la simplicité des lignes de courant qu'elle crée dans la paroi du guide (lignes longitudinales seulement).

1° *Obtention d'un faisceau à diagramme vertical étroit.* — Un élément rayonnant est constitué par une fente résonnante de longueur à peu près égale à $\lambda_0/2$ (λ_0 longueur d'onde *dans l'air*) coupant les lignes de courant longitudinales sous un angle θ différent de 0°; cet angle ne dépasse pas 20° en pratique. Une telle fente constitue une impédance en série sur le guide.

On taille une série de n fentes identiques à la première. Leurs centres sont disposés sur une même génératrice du tube à des distances $\lambda_g/2$ (λ_g longueur d'onde *dans le guide*) : leurs inclinaisons sont successivement $-\theta$, $+\theta$, $-\theta$, etc. Par suite de cette disposition, toutes les fentes se trouvent alimentées en phase.

L'alignement des fentes est donc analogue à un *réseau colinéaire* d'antennes demi-ondes en phase. Le diagramme de rayonnement dans un plan vertical comportera donc un lobe principal normal à la paroi du guide et d'autant plus fin que le nombre de fentes est plus grand. En outre, si le nombre n de fentes est pair, le champ électrique maximum est parfaitement polarisé horizontalement.

On trouve d'ailleurs que si $n \geq 4$, tout le lobe principal est à polarisation horizontale. Sur les lobes latéraux les plus intenses le champ est polarisé verticalement. On peut diminuer ces lobes en répartissant convenablement l'intensité du couplage de l'alignement des fentes, c'est-à-dire en choisissant une valeur non uniforme de θ le long de l'alignement.

Enfin, si l'écartement entre deux fentes est supérieur à $\lambda_g/2$, le lobe principal dans le plan méridien est incliné par rapport à la normale à la paroi du guide.

2° *Obtention d'un faisceau de révolution autour de l'axe du guide.* — Le diagramme horizontal d'une antenne demi-onde verticale est un cercle centré sur cette antenne.

Pour une fente inclinée de θ, le diagramme horizontal doit ressembler à un demi-cercle. On observe pratiquement, une sorte de cardioïde avec un petit lobe de rayonnement arrière.

Pour avoir un diagramme horizontal circulaire centré sur l'axe du guide, il suffit de tailler sur tout le tour du guide, à un même niveau, n' fentes d'inclinaisons θ identiques.

Avec $n' = 2$, 4 ou 6, on observe une rosace ayant des maxima et minima très différents. Avec $n' = 8$ l'écart entre minima et maxima par rapport au cercle moyen ne dépasse pas $\pm 5\ \%$ dans les conditions de l'essai (diamètre du tube 10^{cm}; $\lambda_0 = 8^{cm},8$); le diagramme est donc très sensiblement circulaire.

En résumé, l'antenne proposée fournit un faisceau omnidirectionnel concentré suivant le plan horizontal ou suivant les génératrices d'un cône ayant pour axe celui du guide.

Le champ dans le faisceau principal est polarisé horizontalement, celui des lobes latéraux gênants est vertical. Ce fait permet, si le récepteur est à polarisation horizontale, de bénéficier au maximum de la directivité de l'antenne et d'ignorer complètement les lobes latéraux gênants.

Cette étude préliminaire générale est poursuivie systématiquement en détail.

OPTIQUE. — *Sur la réflexion et la transmission d'une onde plane par une lame absorbante.* Note de M. **Florin Abelès**, présentée par M. Jean Cabannes.

Je me propose de donner, dans ce qui suit, les formules générales relatives à la réflexion et à la transmission d'une onde monochromatique plane à travers une lame isotrope quelconque (absorbante ou non). Ces formules manquent, à ma connaissance, dans la littérature, pourtant déjà si vaste, sur ce sujet. Pour plus de généralité, je supposerai les milieux doués de perméabilité magnétique (μ_i quelconque). J'utiliserai les notations déjà employées (1) en y remplaçant θ_i par φ_i. De plus, je poserai $n_m = \nu_m - i\chi_m$; $n_m \cos\varphi_m = p_m - iq_m$; $r_m = \rho_m e^{i\theta_m}$; $t_m = \tau_m e^{i\psi_m}$; $\exp[i\alpha_1] = \exp[i4\pi(p_1 - iq_1)e_1/\lambda] = \exp[\gamma + i\delta]$. Avec ces notations, on a

$$ {}_1r = \frac{\rho_1 e^{\gamma} e^{i(\theta_1+\delta)} + \rho_2 e^{i\theta_2}}{e^{\gamma+i\delta} + \rho_1\rho_2 e^{i(\theta_1+\theta_2)}}; \qquad {}_1t = \frac{\tau_1\tau_2 e^{\frac{\gamma}{2}} e^{i\left(\psi_1+\psi_2+\frac{\delta}{2}\right)}}{e^{\gamma+i\delta} + \rho_1\rho_2 e^{i(\theta_1+\theta_2)}} e^{\frac{i2\pi n_2 e_1 \cos\varphi_2}{\lambda}}, $$

d'où

$$ R_1 = \frac{\rho_1^2 e^{2\gamma} + \rho_2^2 + 2\rho_1\rho_2 e^{\gamma}\cos(\theta_1 - \theta_2 + \delta)}{e^{2\gamma} + \rho_1^2\rho_2^2 + 2\rho_1\rho_2 e^{\gamma}\cos(\theta_1 + \theta_2 - \delta)}; $$

$$ T_1 = \frac{n_2\cos\varphi_2}{n_0\cos\varphi_0} \frac{\tau_1^2\tau_2^2 e^{\gamma}}{e^{2\gamma} + \rho_1^2\rho_2^2 + 2\rho_1\rho_2\cos(\theta_1 + \theta_2 - \delta)}, $$

$$ A_1 = 1 - R_1 - T_1 = \frac{(1-\rho_1^2)(e^{2\gamma} - \rho_2^2) + \left[4\rho_1\rho_2\sin\theta_1\sin(\delta - \theta_2) - \frac{n_2\cos\varphi_2\tau_1^2\tau_2^2}{n_0\cos\varphi_0}\right]e^{\gamma}}{e^{2\gamma} + \rho_1^2\rho_2^2 + 2\rho_1\rho_2 e^{\gamma}\cos(\theta_1 + \theta_2 - \delta)} $$

---

(1) *Comptes rendus*, **223**, 1946, p. 891.

A_1 représente le facteur d'absorption de la lame (rapport entre l'énergie dissipée dans la lame et l'énergie incidente).

Je crois utile de donner maintenant l'expression des coefficients de Fresnel généralisés, qui manquent, pour la plupart, dans la littérature ([2]). Je suppose qu'il y a deux milieux absorbants au contact. On a

$$r_{m\parallel}=\frac{\left\{\begin{array}{l}\mu_m[(\nu_{m-1}^2-\varkappa_{m-1}^2)p_m-2\nu_{m-1}\varkappa_{m-1}q_m]-\mu_{m-1}[(\nu_m^2-\varkappa_m^2)p_{m-1}-2\nu_m\varkappa_m q_{m-1}]-i\\ \times\{\mu_m[(\nu_{m-1}^2-\varkappa_{m-1}^2)q_m+2\nu_{m-1}\varkappa_{m-1}p_m]-\mu_{m-1}[(\nu_m^2-\varkappa_m^2)q_{m-1}+2\nu_m\varkappa_m p_{m-1}]\}\end{array}\right\}}{\left\{\begin{array}{l}\mu_m[(\nu_{m-1}^2-\varkappa_{m-1}^2)p_m-2\nu_{m-1}\varkappa_{m-1}q_m]+\mu_{m-1}[(\nu_m^2-\varkappa_m^2)p_{m-1}-2\nu_m\varkappa_m q_{m-1}]-i\\ \times\{\mu_m[(\nu_{m-1}^2-\varkappa_{m-1}^2)q_m+2\nu_{m-1}\varkappa_{m-1}p_m]+\mu_{m-1}[(\nu_m^2-\varkappa_m^2)q_{m-1}+2\nu_m\varkappa_m q_{m-1}]\}\end{array}\right\}}=\frac{N_\parallel}{D_1},$$

$$t_{m\parallel}=\frac{2\mu_m(\nu_{m-1}-i\varkappa_{m-1})(\nu_m-i\varkappa_m)(p_{m-1}-iq_{m-1})}{D_\parallel},$$

$$r_{m\perp}=\frac{\mu_m p_{m-1}-\mu_{m-1}p_m-i(\mu_m q_{m-1}-\mu_{m-1}q_m)}{\mu_m p_{m-1}+\mu_{m-1}p_m-i(\mu_m q_{m-1}+\mu_{m-1}q_m)},$$

$$t_{m\perp}=\frac{2\mu_m(p_{m-1}-iq_{m-1})}{\mu_m p_{m-1}+\mu_{m-1}p_m-i(\mu_m q_{m-1}+\mu_{m-1}q_m)}.$$

Les expressions des r_m dans le cas de deux milieux absorbants au contact sont utiles dans le cas où la lame et le support sont absorbants. Celles des t_m seront utiles lorsqu'on envisagera un empilement de lames, parmi lesquelles il y en a deux absorbantes au contact, sur support transparent. Je les donne ici pour garder la généralité des formules et parce qu'elles ne sont pas trop compliquées.

Toutes ces formules n'ont un sens que si le premier milieu est transparent. Dans ce cas, $p_m^2-q_m^2=\nu_m^2-\varkappa_m^2-n_0^2\sin^2\varphi_0$; $p_m q_m=\nu_m\varkappa_m$. Dans le cas d'un milieu transparent en réflexion non totale $p_m=n_m\cos\varphi_m$; $q_m=0$. Pour le même milieu en réflexion totale $p_m=0$; $q_m=(n_0^2\sin^2\varphi_0-n_m^2)^{1/2}$.

COLORIMÉTRIE. — *Sur la production de lumière blanche avec le maximum théorique d'économie.* Note ([1]) de M. **Yves Le Grand**, présentée par M. Jean Becquerel.

L'efficacité lumineuse spécifique des sources actuelles de lumière blanche est de l'ordre de 15 à 30 lumens par watt pour les lampes à incandescence, de plus de 40 pour les lampes fluorescentes ; on peut obtenir bien davantage en théorie, et la Note actuelle a pour but de rechercher par le calcul le maximum d'efficacité d'une source de lumière blanche.

Une première méthode pour réaliser de la lumière blanche consiste à utiliser une source qui émette uniquement *deux* radiations monochromatiques complémentaires. Si l'on adopte pour observateur de référence les données classiques

([2]) Seule la formule donnant $r^{m\perp}$ a été donnée par Arzeliès (*Ann. de Phys.* 2, 1947, p. 162).

([1]) Séance du 10 décembre 1947.

préconisées par le Congrès International de l'Éclairage (1931) et pour lumière blanche la source étalon C définie par le même Congrès, on trouve que le flux total d'énergie, nécessaire pour reproduire l'aspect de un lumen de lumière blanche C à partir de deux radiations complémentaires, est minimum pour le couple 450-569$^{m\mu}$; l'efficacité lumineuse spécifique d'une telle source atteindrait presque 400 lumens par watt, mais l'éclairage ainsi réalisé serait désagréable : l'absence de radiations de grande longueur d'onde modifierait l'aspect des objets rouges, qui tourneraient au brunâtre.

Pour remédier à ce défaut, on pourrait songer à une source qui émettrait *trois* radiations monochromatiques (bleue, verte et rouge); comment les choisir pour réaliser de la lumière blanche avec le maximum d'économie? Le problème consiste à répartir une énergie totale unité entre trois longueurs d'onde λ_1, λ_2 et λ_3 :

$$E_1 + E_2 + E_3 = 1, \tag{1}$$

de telle façon que, d'une part, on obtienne de la lumière blanche, ce qui peut s'écrire :

$$\bar{x}_1 E_1 + \bar{x}_2 E_2 + \bar{x}_3 E_3 = \bar{y}_1 E_1 + \bar{y}_2 E_2 + \bar{y}_3 E_3 = \bar{z}_1 E_1 + \bar{z}_2 E_2 + \bar{z}_3 E_3 = \frac{F}{K_0}, \tag{2}$$

les $\bar{x}$, $\bar{y}$, $\bar{z}$ désignant les coefficients de distribution classiques, F le flux lumineux, K_0 le coefficient de visibilité maximum (664 lumens par watt), et les égalités (2) exprimant qu'on réalise la lumière blanche dite *spectre d'égale énergie*, qui se trouve au centre du diagramme chromatique; et que, d'autre part, le flux lumineux F soit maximum; en différentiant (2), il vient :

$$\bar{x}_1 dE_1 + \bar{x}_2 dE_2 + \bar{x}_3 dE_3 + E_1 \frac{d\bar{x}_1}{d\lambda_1} d\lambda_1 + E_2 \frac{d\bar{x}_2}{d\lambda_2} d\lambda_2 + E_3 \frac{d\bar{x}_3}{d\lambda_3} d\lambda_3 = \frac{dF}{K_0}, \tag{3}$$

et des équations identiques en $\bar{y}$ et $\bar{z}$. On conduira le calcul de la façon suivante : on choisira arbitrairement trois longueurs d'onde de départ, par exemple $\lambda_1 = 460$ mμ, $\lambda_2 = 530$, $\lambda_3 = 620$, en résolvant (1) et (2) on en tire les valeurs des E, à savoir :

$$E_1 = 0{,}268 \text{ watt}; \quad E_2 = 0{,}349; \quad E_3 = 0{,}383; \quad F = 307 \text{ lumens}.$$

On déterminera les valeurs des dérivées $d\bar{x}/d\lambda$ sur une table donnant les $\bar{x}$ par intervalles de 1 mμ, telle que celle de A. C. Hardy [2]; on peut alors résoudre les trois équations (3) et en tirer les valeurs de dE_1, dE_2 et dE_3 en fonction des $d\lambda$; en reportant dans l'équation obtenue en différentiant (1), à savoir :

$$dE_1 + dE_2 + dE_3 = 0,$$

---

(2) *Handbook of Colorimetry*, Cambridge, Massachusetts, 1936.

on obtient finalement une expression de la forme :

$$dF = A_1 d\lambda_1 + A_2 d\lambda_2 + A_3 d\lambda_3,$$

les A désignant des facteurs numériques. Si les trois longueurs d'onde choisies se trouvaient par hasard répondre à la condition du flux F maximum, les A seraient nuls; ils ne le sont pas, et en fait on trouve pour A_1 et A_3 des valeurs négatives, pour A_2 une valeur positive; il faut donc diminuer λ_1 et λ_3 et augmenter λ_2; on recommencera donc la même opération avec : $\lambda_1 = 450^{m\mu}$; $\lambda_2 = 540^{m\mu}$; $\lambda_3 = 600^{m\mu}$, et l'on obtient cette fois :

$$E_1 = 0{,}298\ \mathrm{W}; \quad E_2 = 0{,}378\ \mathrm{W}; \quad E_3 = 0{,}324\ \mathrm{W}; \quad F = 355 \text{ lumens.}$$

Le facteur A_1 est cette fois pratiquement nul, tandis que A_2 et A_3 gardent les signes précédents, et il en est ainsi jusqu'à ce que λ_2 et λ_3 aient atteint leur limite commune, vers $571^{m\mu}$ (la différence avec la valeur 569 ci-dessus provient d'une autre convention sur la lumière blanche). C'est donc bien la source émettant *deux* radiations complémentaires seulement qui est la plus économique; mais en pratique il serait déjà très intéressant de pouvoir réaliser une source à trois radiations, par exemple la seconde des sources qui ont servi dans notre calcul.

SPECTROSCOPIE. — *Sur un mécanisme réactionnel impliquant les radicaux libres* C_2, CH, *et* OH. Note (¹) de MM. **Guy Pannetier** et **Alfred G. Gaydon**, présentée par M. Paul Pascal.

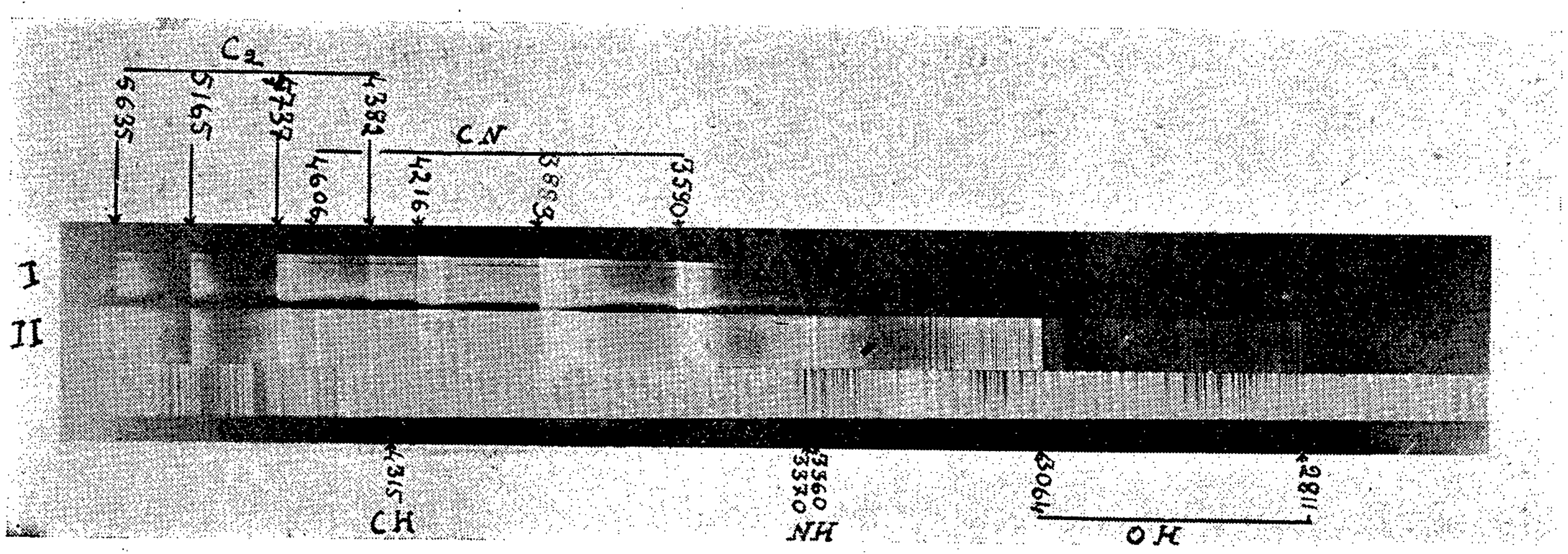
Dans la flamme d'un hydrocarbure brûlant dans l'oxygène ou dans l'air, l'analyse spectrale permet de mettre en évidence des systèmes de bandes caractéristiques des radicaux libres CH et C_2 (²). Mais ces systèmes définissant soit C_2 (2,0-4382 Å; 1,0-4737 Å; 0,-1 5635 Å), soit CH (0,0-4315 Å), apparaissent en général en même temps. On en était donc réduit à de simples hypothèses concernant la provenance respective de ces radicaux. L'un d'entre nous (³) constatant que dans les flammes des hydrocarbures à basse pression, l'apparition des bandes du radical C_2 précède celle de CH, avait suggéré que le radical C_2 pouvait être formé d'abord (sans doute par polymérisation de l'hydrocarbure suivie de décomposition thermique), puis qu'il réagissait sur le radical OH pour former le radical CH et de l'oxyde de carbone. Mais aucune éventualité n'avait été envisagée jusqu'à présent permettant de décider sûrement entre ces mécanismes. Les expériences que nous allons décrire permettent de lever une partie de ces doutes.

(¹) Séance du 10 décembre 1947.

(²) A. G. Gaydon, *Spectroscopy combustion theory*, London, 1942.

(³) A. G. Gaydon et R. G. Wolfhard, *Trans. Farad. Soc.*, Meeting, october 1947.

Nous avons préparé du cyanogène pur et sec soit par pyrogénation au rouge du cyanure de mercure, soit par chauffage à 170° d'un mélange convenable de cyanure de zinc et de chlorure cuivrique anhydride [4]. Nous avons fait brûler ce cyanogène préalablement desséché sur anhydride phosphorique dans une atmosphère d'oxygène également desséchée dans les mêmes conditions. En prenant ces précautions, l'analyse du spectre de la flamme ne fait apparaître que les radicaux C_2 et CN (1,0-3590 Å; 0,0-3883 Å; 0,1-4216 Å; 0,2-4606 Å) (spectre I). La brillance de la flamme est par ailleurs très grande et son éclat



très blanc. Si l'on fait préalablement barboter dans de l'eau à 25°C. l'oxygène dans lequel brûle le cyanogène, la brillance totale de la flamme diminue considérablement et il apparaît les raies des radicaux libres NH (0,0-3360 Å; 1,1-3370 Å), OH (1,0-2811 Å; 0,0-3064 Å) et CH (spectre II). On obtient le même résultat en conservant l'oxygène pur et sec, mais en incorporant de l'hydrogène sec au cyanogène. Que ce soit dans l'un ou l'autre cas, on observe dans le cône extérieur de la flamme la présence de la flamme bleue de l'oxyde de carbone brûlant pour donner du gaz carbonique; ceci est une preuve évidente du mécanisme

$$C_2^* + OH \rightarrow CO + CH^*,$$

ou de

$$C_2^* + OH^* \rightarrow CH^* + CO,$$

quoique le premier schéma soit davantage probable que le second, car la probabilité pour avoir des groupements OH^* est plus faible que celle d'avoir des groupements OH. Ces mécanismes n'excluent pas

$$C_2^* + H_2O \rightarrow CO + CH^* + H.$$

On peut également considérer comme prouvée la combinaison

$$C_2^* + H_2 \rightarrow 2\,CH^*.$$

(4) VARET, *Comptes rendus*, **106**, 1888, p. 1080.

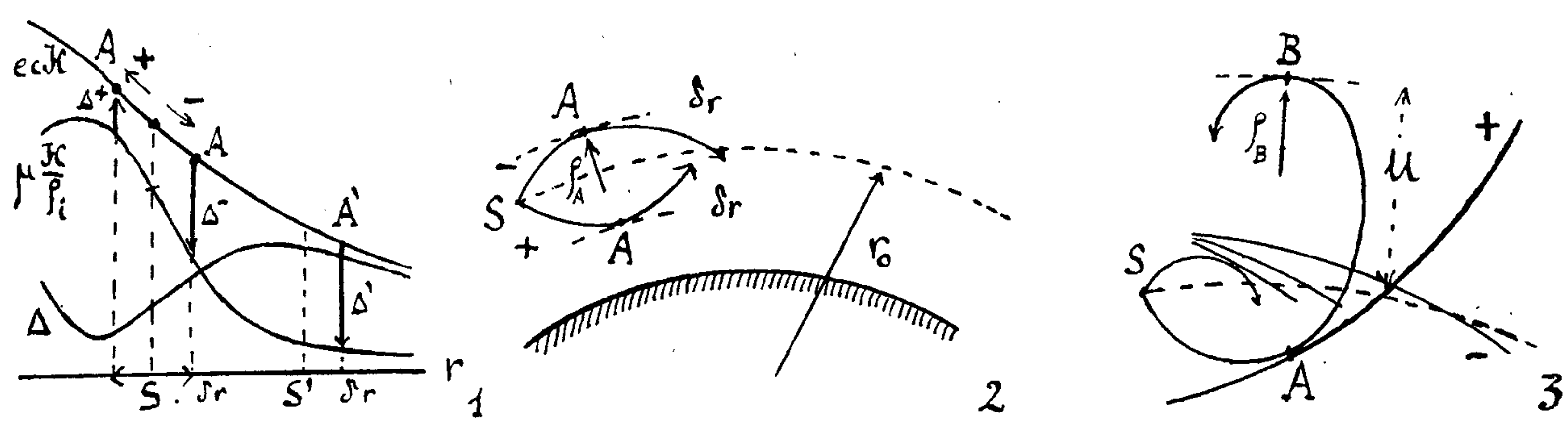
On peut également déduire de la lecture du spectre et pour interpréter l'affaiblissement des bandes de CN la réaction

$$CN^* + OH \rightarrow NH^* + CO.$$

Nous reviendrons ultérieurement sur l'émission de la flamme du cyanogène avec et sans hydrogène pour essayer d'interpréter la variation de l'énergie rayonnée dans l'un et l'autre cas. Notons cependant que le spectre II correspond, toutes choses égales d'ailleurs, à une exposition de 90 secondes pour du cyanogène sec brûlant dans de l'oxygène pur barbotant dans de l'eau à 70° (pour augmenter la quantité d'eau entraînée) alors que le spectre I correspond à une exposition de 2 secondes.

PHYSIQUE CORPUSCULAIRE. — *Spectrographe magnétique à caustiques pour particules du type électrino*. Note [1] de M. **Jean Thibaud** présentée par M. Maurice de Broglie.

J'ai décrit [2] l'aspect des enveloppes des familles de trajectoires périodiques dans un champ magnétique à symétrie radiale, pour des particules légères, douées à la fois d'une charge e et d'un moment magnétique μ. Sans aborder des calculs compliqués, ultérieurement publiés, on peut amorcer une discussion qui nous conduira à des conclusions utilisables pour l'interprétation des faits expérimentaux, en se bornant à la recherche des trajectoires dans le plan équatorial du champ, pour des particules positives et négatives dont les moments magnétiques seraient orientés respectivement parallèlement et antiparallèlement au champ. Soient (*fig.* 1, cas de pièces polaires cylindriques)



1 2 3

les valeurs en fonction du rayon r, du champ $\mathcal{H}$, de son gradient, et de la résultante Δ des forces appliquées, le gradient radial étant donné par $\mathcal{H}/\rho_i$, si ρ_i est le rayon de courbure des lignes de forces magnétiques. Nous utiliserons ces données pour étudier les variations du rayon de courbure ρ_A

(1) Séance du 10 décembre 1947.

(2) *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 999.

des trajectoires aux points du champ tels que A (*fig.* 2) où la vitesse de la particule est perpendiculaire au rayon *r*.

1° *Influence de la position* S *de la source* (*particules négatives*). — Pour que les trajectoires négatives soient périodiques et possèdent des enveloppes rapprochées, il faut que le rayon de courbure ρ_A soit inférieur à r_0 (*fig.* 2). Or pour une particule d'énergie initiale E_0 gagnant $\mu\,\delta\mathcal{H}$ dans le champ

$$(1) \qquad \rho_A = (E_0 + \mu\,\delta\mathcal{H}) : \Delta, \qquad \text{avec} \quad \Delta = \mathcal{H}\left(ec - \frac{\mu}{\rho_i}\right).$$

D'où la condition

$$(2) \qquad E_0 < r_0\Delta - \mu\,\delta\mathcal{H}.$$

Le second membre de cette inégalité étant fonction du champ $\mathcal{H}$, une sélection s'opérera dans le spectre continu E_0 des particules : pour chaque position de la source et pour chaque valeur du champ, seules seront périodiques les trajectoires dont l'énergie initiale sera inférieure à la limite (2). Ainsi, la pénétration dans un écran matériel des caustiques obtenues augmentera avec l'intensité du champ magnétique, pour une position déterminée de S.

2° *Concentration négative périphérique.* — La position de S étant fixée, comment variera le rayon ρ_A lorsque la trajectoire s'éloigne de δr suivant le rayon (*fig.* 2)? On voit, d'après (1) que le rôle de Δ sera déterminant : pour les particules négatives dont le point figuratif A s'éloigne vers les rayons r croissants, Δ augmente rapidement (*fig.* 1); pour les positives, au contraire, A se dirigeant vers la gauche, Δ diminue d'abord. Ainsi avec les trajectoires négatives dont le rayon ρ_A décroît rapidement, à énergie E_0 égale, les enveloppes ne sauront s'élever beaucoup au-dessus du cercle r_0, et donneront une impression d'aplatissement sur ce cercle, qui ne s'observe pas pour les caustiques positives (*fig.* 3) : il en résulte une concentration périphérique des particules négatives sur r_0, simulant un mouvement stationnaire. Cette concentration sera d'ailleurs d'autant plus aiguë que l'énergie des particules sera plus faible, en vertu de (1). Si, de plus, nous déplaçons la source vers les rayons croissants (*fig.* 1) de S en S′, pour un même écart δr le rayon ρ_A diminuera davantage par suite de la grande augmentation de Δ. Ainsi l'amincissement des caustiques sera-t-il plus appréciable en S′ : la concentration négative périphérique augmente encore lorsque la source sera éloignée vers l'extérieur.

3° Passant maintenant au cas des particules *positives* orientées *parallèlement*, recherchons les conditions dans lesquelles la trajectoire deviendra périodique et se refermera en B avec le rayon ρ_B (*fig.* 3). Admettant, pour simplifier, un champ $\mathcal{H}$ décroissant linéairement, $\mathcal{H}_B = \mathcal{H}_0 - bu$, on aura en B, à la distance radiale u de S,

$$\rho_B = \frac{E_0 - \mu\,\delta\mathcal{H}}{\mathcal{H}_B\left(ec + \frac{\mu}{\rho_i}\right)} = \frac{\frac{E_0}{bu} - \mu}{\frac{\mathcal{H}_0}{bu} - 1} \times \frac{1}{ec + \frac{\mu}{u}},$$

en remarquant qu'en fait $\rho_i \cong u$. Le premier facteur est quasi-indépendant de u, E_0 étant de l'ordre de grandeur de $\mu\mathcal{H}_0$, tandis que le second croît lorsque u augmente. Ainsi, pour les champs utilisés, le rayon de courbure ρ_B de la trajectoire augmentera lorsque B s'élève au-dessus de S. Le calcul montre que si l'énergie initiale E_0 varie d'une façon continue, l'ordonnée du point B croît plus rapidement que son abscisse, en sorte que le lieu du sommet B des boucles présente une courbure concave vers le haut lorsque E_0 augmente : les enveloppes des trajectoires positives présenteront elles-mêmes cette courbure concave [*fig.* 4 de la Note (²)].

Conclusion. — On peut prévoir ainsi : pour les particules négatives antiparallèles, une concentration périphérique apparente autour des pôles, devant se traduire sur des sections radiales par des arcs minces; concentration d'autant plus manifeste que la source sera disposée dans des régions plus lointaines du champ, et qui sélectionnera des groupes d'énergie dont la pénétration matérielle croîtra avec le champ quand S est fixe. Pour les particules positives parallèles : des caustiques périodiques, cette fois nettement séparées et non aplaties, à courbure concave vers le haut, et dont on pourrait déceler les sections par le plan équatorial.

PHYSIQUE CORPUSCULAIRE. — *Sur la masse des particules de la composante pénétrante du rayonnement cosmique.* Note (¹) de MM. **Michel Lhéritier**, **Charles Peyrou** et **André Lagarrigue**, présentée par M. Maurice de Broglie.

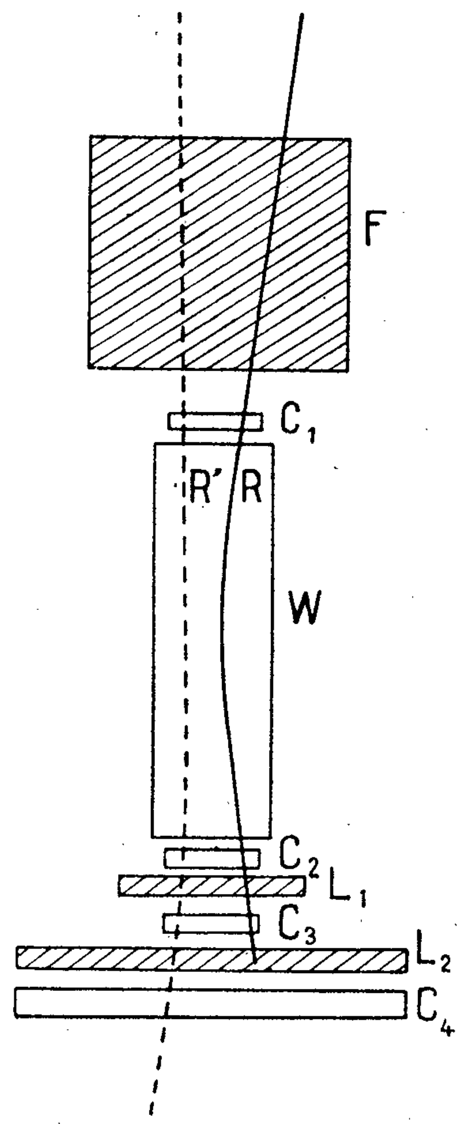
Au Laboratoire de l'Argentière-la-Bessée, à 1000^{m} d'altitude, nous avons effectué une expérience destinée à mesurer la masse des mésons de la composante pénétrante du rayonnement cosmique.

La figure donne le schéma de l'expérience. W est une chambre de Wilson de 80^{cm} de haut placée dans un champ magnétique de 1400 gauss; C_1, C_2, C_3, C_4 des compteurs d'électrons; L_1 et L_2 des absorbants de plomb de 4^{cm} d'épaisseur chacun. F est une masse de plomb de 72^{cm} d'épaisseur, qui filtre le rayonnement.

La chambre est commandée par les coïncidences triples C_1, C_2, C_3; un dispositif de lampe témoin enregistrait les coïncidences quadruples C_1, C_2, C_3, C_4. Une coïncidence triple non accompagnée d'une quadruple doit donc être attribuée à une particule s'arrêtant dans l'écran L_2 (la surface couverte par les compteurs C_4 était 15 fois plus grande que celles des autres compteurs, une particule sortant de L_2 ne pouvait échapper à C_4 que par des angles de scattering très anormaux). Une particule photographiée dans la chambre et

(¹) Séance du 10 décembre 1947.

s'arrêtant dans L_2, c'est-à-dire dont le parcours est compris entre L_1 et $L_1 + L_2$ cm. de plomb doit avoir une impulsion (mesurée par la courbure dans le champ magnétique) comprise entre I_1 et I_2 : I_1 impulsion correspondant au



parcours L_1 et I_2 au parcours $L_1 + L_2$. I_1 et I_2 dépendent de la valeur admise pour la masse. Inversement, la mesure expérimentale de I_1 et I_2 permet de mesurer la masse.

Sur un total de 3000 rayons photographiés, 33 ont été enregistrés comme s'arrêtant dans L_2 (analogue au rayon R de la figure); leurs impulsions sont réparties à peu près uniformément dans une bande allant de 160 MeV à 265 MeV. La zone des impulsions des particules enregistrées et ayant traversé les deux écrans L_1, L_2, tel le rayon R′, commence à 230 MeV et s'étend jusqu'à l'infini. Le fait qu'il n'y ait aucune particule, ayant une impulsion plus petite que 230 MeV et traversant L_1 et L_2, montre qu'aucune des particules enregistrées n'avait une masse nettement inférieure à 200 fois la masse de l'électron. Parmi les particules dont l'impulsion est comprise entre 230 et 265 MeV, un peu plus de la moitié s'arrête dans L_2, les autres traversant L_1 et L_2. Ceci ne peut être attribué à des fluctuations du parcours réel de la particule dans le plomb, car ces fluctuations seraient de plus de 2^{cm} de plomb.

Il serait, à la rigueur, possible d'attribuer ce mélange de particules arrêtées et non arrêtées aux erreurs dans la mesure des rayons de courbure, en parti-

culier à celles dues au scattering multiple dans le gaz de la chambre. Ces erreurs ayant un caractère symétrique, on sera conduit à prendre pour I_2 une valeur voisine de 245 MeV, et pour I_1 une valeur correspondante de 180 MeV. Les résultats pourraient donc être considérés, à la rigueur, comme cohérents avec une particule de masse unique égale à 250 fois la masse de l'électron.

Toutefois, les résultats expérimentaux s'interprètent mieux si l'on admet l'existence, en quantité à peu près égale dans la partie du spectre étudiée, de deux particules. L'une aurait pour masse environ 200 fois la masse de l'électron ($I_1 = 160$ MeV, $I_2 = 220$ MeV) en accord avec les mesures de Fretter [2]. A l'autre particule, plus lourde, on serait conduit à attribuer une masse voisine de 300 ($I_1 = 195$ MeV, $I_2 = 260$ MeV) et presque sûrement inférieure à 350.

Cette hypothèse doit être rapprochée de la découverte des mésons doubles dans les plaques photographiques, par Lattès, Muirhead, Occhialini et Powell [3].

Cette interprétation n'est pas *a priori* en contradiction avec les résultats de Fretter. Grâce à la présence au-dessus de la chambre d'une grande épaisseur de plomb, les mesures de masse sont effectuées sur des particules arrivant avec une grande énergie (> 1000 MeV). La chance de détecter ainsi des particules instables est plus grande que si le filtre de plomb était de plus petite dimension.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Détermination des moments dipolaires des acétophénones substituées sur le groupe* CH_3. Note de M. **Claude Cherrier**, présentée par M. Jean Cabannes.

Nous avons déterminé les moments dipolaires de l'acétophénone et de 9 cétones obtenues en chargeant le groupe CH_3 avec des radicaux méthyl, éthyl et allyl. Ces déterminations ont été faites dans le benzène rigoureusement exempt de thiophène. Pour chaque substance nous avons fait plusieurs expériences avec des solutions de concentrations molaires différentes de 0,07 à 0,01 pour le soluté. Nous déterminons la différence du pouvoir inducteur spécifique de la solution et du solvant, ainsi que la différence entre les indices de réfraction et nous calculons la polarisation due aux dipôles permanents au moyen de la formule

$$P_1 = P\left(\frac{3\,\frac{\Delta\varepsilon}{6}}{\varepsilon^2 + \varepsilon - 2} - \frac{6n\,\frac{\Delta n}{6}}{n^4 + n^2 - 2}\right),$$

où c est la concentration molaire du soluté dans la solution; $\Delta\varepsilon$ et Δn les diffé-

---

(2) *Phys. Rev.*, **70**, 1946, p. 625.

(3) C. M. Lattès, H. Muirhead, G. P. S. Occhialini et C. F. Powell, *Nature*, **159**, 1947, p. 694.

rences entre les pouvoirs inducteurs spécifiques de la solution et du solvant; les constantes P, ε, n, relatives au benzène, sont données par Muller (1)

$$P = 26,62; \qquad n = 1,4942; \qquad \varepsilon = 2,264 \text{ D. K.}$$

Le moment dipolaire est donné par la formule classique de Debye

$$\mu^2 = P \frac{T}{0,615.10^{40}} \text{ en unités Debye.}$$

P, polarisation due aux dipôles permanents; T, température absolue. Nous avons obtenu les résultats suivants :

P_1 est la polarisation due aux dipôles permanents obtenue en faisant la moyenne des différentes déterminations pour la même substance. La valeur en unités C. G. S. du moment dipolaire μ est multipliée par 10^{18}.

1° Acétophénone : $P_1 = 179 \pm 3$; $\mu.10^{18} = 2,96 \pm 0,02$;
2° Méthylacétophénone : $P_1 = 169 \pm 2$; $\mu.10^{18} = 2,88 \pm 0,02$;
3° Éthylacétophénone : $P_1 = 163 \pm 3$; $\mu.10^{18} = 2,83 \pm 0,03$;
4° Diméthylacétophénone : $P_1 = 170 \pm 1$; $\mu.10^{18} = 2,89 \pm 0,01$;
5° Éthylallylacétophénone : $P_1 = 160 \pm 1$; $\mu.10^{18} = 2,80 \pm 0,01$;
6° Triméthylacétophénone : $P_1 = 149,5 \pm 1$; $\mu.10^{18} = 2,70 \pm 0,01$;
7° Diméthylallylacétophénone : $P_1 = 146,5 \pm 1$; $\mu.10^{18} = 2,68 \pm 0,01$;
8° Méthyléthylallylacétophénone : $P_1 = 156 \pm 1$; $\mu.10^{18} = 2,77 \pm 0,01$;
9° Diéthylallylacétophénone : $P_1 = 144 \pm 3$; $\mu.10^{18} = 2,66 \pm 0,01$;
10° Diallyléthylacétophénone : $P_1 = 144 \pm 1,5$; $\mu.10^{18} = 2,66 \pm 0,01$.

Ces déterminations ont été faites avec l'installation de F. Wurstlin. La valeur du moment dipolaire de la méthyléthylallylacétophénone est donnée sous toutes réserves, ce corps pouvant contenir une très légère impureté. Quant à l'éthylacétophénone, susceptible d'énolisation, le moment dipolaire est due à la liaison C = O pour la forme cétonique et aux liaisons C — OH et C = C pour la forme énolique. Nous voyons en première approximation que l'influence des substituants sur le CH_3 a pour effet de diminuer la valeur du moment dipolaire, que l'on doit, pour les composés décrits, attribuer uniquement à la liaison C = O (lorsque le composé possède un groupe allyle l'apport dû à la liaison C = C dans la valeur du moment dipolaire est négligeable vis-à-vis de l'apport dû à la liaison C = O).

(1) MULLER, *Physik. Zeitschrift*, 38, 1937, p. 283-292.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Préparation et propriétés du fluochlorobromure de thiophosphoryle. Spectres Raman des fluodibromure, fluodichlorure et fluochlorobromure de thiophosphoryle.* Note de M[lle] **Marie-Louise Delwaulle** et M. **Félix François**, présentée par M. Jean Cabannes.

Nous avons préparé le fluochlorobromure de thiophosphoryle PSFClBr encore inconnu, par la méthode que nous avons déjà utilisée pour obtenir le fluochlorobromure de phosphoryle POFClBr (1). Elle consiste à fluorer un chlorobromure de thiophosphoryle en opérant comme pour la fluoration de $PSBr_3$ (2) : l'agent fluorant est SbF_3, et il est inutile d'employer un catalyseur. Avec $PSClBr_2$ vers 80-100°, sous une pression de 2 à 4^{cm} de mercure, le principal produit formé est PSFClBr. A la même température et sous une pression de 7 à 8^{cm} de mercure, $PSCl_2Br$ fournit un mélange de $PSFCl_2$ et PSFClBr. La fluoration des chlorobromures de thiophosphoryle affecte donc par substitution le brome de préférence au chlore s'il y a deux atomes de brome dans la molécule, et l'un ou l'autre des halogènes s'il y a deux atomes de chlore.

La distillation fractionnée du produit obtenu fournit PSFClBr à l'état pur. C'est un liquide incolore, fumant à l'air, de densité 1,96 et bouillant sans décomposition à la pression atmosphérique à 97-98°.

L'analyse chimique a nécessité pour l'obtention de résultats corrects une mise au point difficile.

Analyse (PSFClBr)	S. SO_4Ba	P. $P_2O_7Mg_2$	Cl. AgCl	Br. AgBr
Trouvé (%)	16,1	15,3	18,0	40,4
Calculé (%)	16,2	15,7	18,0	40,5

L'examen du spectre Raman nous avait renseignés sur la constitution de ce composé et sur sa pureté bien avant la mise au point satisfaisante des dosages précédents.

Nous avons déterminé les spectres Raman de ce nouveau composé ainsi que les spectres non décrits de $PSFCl_2$ et $PSFBr_2$.

Spectre Raman de $PSFBr_2$. — Il correspond parfaitement au type de symétrie C_{1h} de cette molécule.

Spectre Raman de $PSFCl_2$. — Il existe quelques anomalies dans les fréquences de déformation. On n'observe en effet qu'une fréquence dépolarisée au lieu des deux fréquences attendues δ_1 (pol.) et δ_2 (dépol.), comme si une dégénérescence remplaçait ces deux fréquences par $\delta_{1,2}$ (dépol.). Les fréquences δ_4 et δ_5 sont très voisines et toutes deux dépolarisées comme si l'on tendait vers une raie $\delta_{4,5}$ (dépol.). En ce qui concerne les fréquences de déformation, ce spectre

(1) *Comptes rendus*, **222**, 1946, p. 1173.

(2) H. S. Booth et C. A. Seabright, *Journal of Americ. chem. Soc.*, 65, 1943, p. 1834.

s'apparente donc beaucoup à celui des molécules du type C_{3v}. Pour les fréquences de déformation, les atomes de soufre et ceux de chlore de masses peu différentes semblent jouer un rôle analogue. Il n'en est plus de même pour les fréquences de valence, la liaison semi-polaire P → S étant fort différente de la liaison covalente pure P — Cl.

Des anomalies analogues ont été également observées dans d'autres spectres de molécules du même genre : $PSCl_3$, $PSCl_2Br$, (³) ....

Spectre Raman de PSFClBr. — On observe neuf fréquences qui devraient être toutes polarisées alors que deux des fréquences de déformation sont dépolarisées. Une explication plausible de cette perturbation serait fournie par la valeur voisine des masses atomiques du soufre et du chlore, ce qui conduirait pour les fréquences de déformation au type C_{1h} au lieu de C_1.

On remarquera que, pour les trois spectres, deux raies ont une position à peu près fixe : elles correspondent, l'une à ce qu'on peut appeler la raie P — F, puisqu'on la trouve dans tous les trihalogénures monofluorés de phosphoryle et de thiophosphoryle, l'autre la raie P — S, puisqu'on la trouve pour tous les halogénures de thiophosphoryle. Les autres fréquences se suivent facilement quand on passe d'une molécule à l'autre.

Modes de vibration (fréquences en cm^{-1}).

		δ_1.	δ_2.	δ_3.	δ_4.	δ_5.	ν_1.	ν_2.	ν_4.	ν_3.
$PSFBr_2$		129	159,5	219	254	274	377	470	713	887
	J....	7	11	10	4	5	10	*f*	M	*ff*
	ρ....	0,6	6/7	0,5	6/7	0,3	0,2	6/7	pol	pol
PSFClBr		160	175	245	267	314	414	535	729	892
	J....	6	8	7	5	1,5	10	*f*	M	*ff*
	ρ....	0,8	0,7	0,3	0,5	0,8	0,1	pol	pol	pol
$PSFCl_2$		193		268	317	328	474	570	737	900
	J....	10		4	3	2	10	*f*	M	*ff*
	ρ....	6/7		0,5	6/7	6/7	0,1	6/7	pol	pol

Le spectre de PSFClBr, parfaitement interprétable et bien encadré par ceux des molécules connues de $PSFCl_2$ et $PSFBr_2$, constitue à lui seul une preuve évidente de l'existence de ce composé.

ÉLECTROCHIMIE. — *Sur le dosage de bioxyde de chlore dissous dans une solution aqueuse de chlorure et de chlorite de sodium.* Note (¹) de Mlle **Colette Loeb**, MM. **Albert Banderet** et **Jean Meybeck**, présentée par M. Hackspill.

Dans le cadre d'un sujet de recherches plus vaste, nous avons été amenés à doser de petites quantités de bioxyde de chlore dissous dans une solution aqueuse relativement plus concentrée de chlorure et de chlorite alcalins.

(³) M. L. Delwaulle et F. François, *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 1422.

(¹) Séance du 10 décembre 1947.

Le chlorite de sodium donnant lui-même du bioxyde de chlore par décomposition spontanée, il importait de mettre au point une méthode ne nécessitant pas la séparation effective du bioxyde de chlore (²).

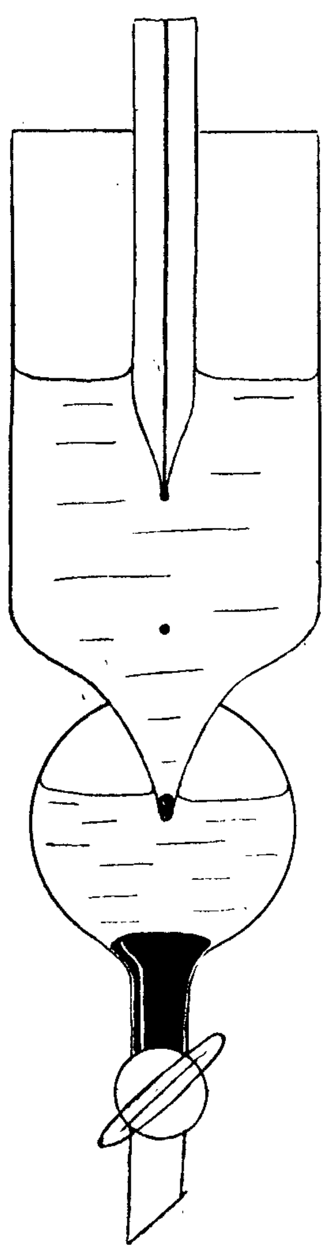


Fig. 1.

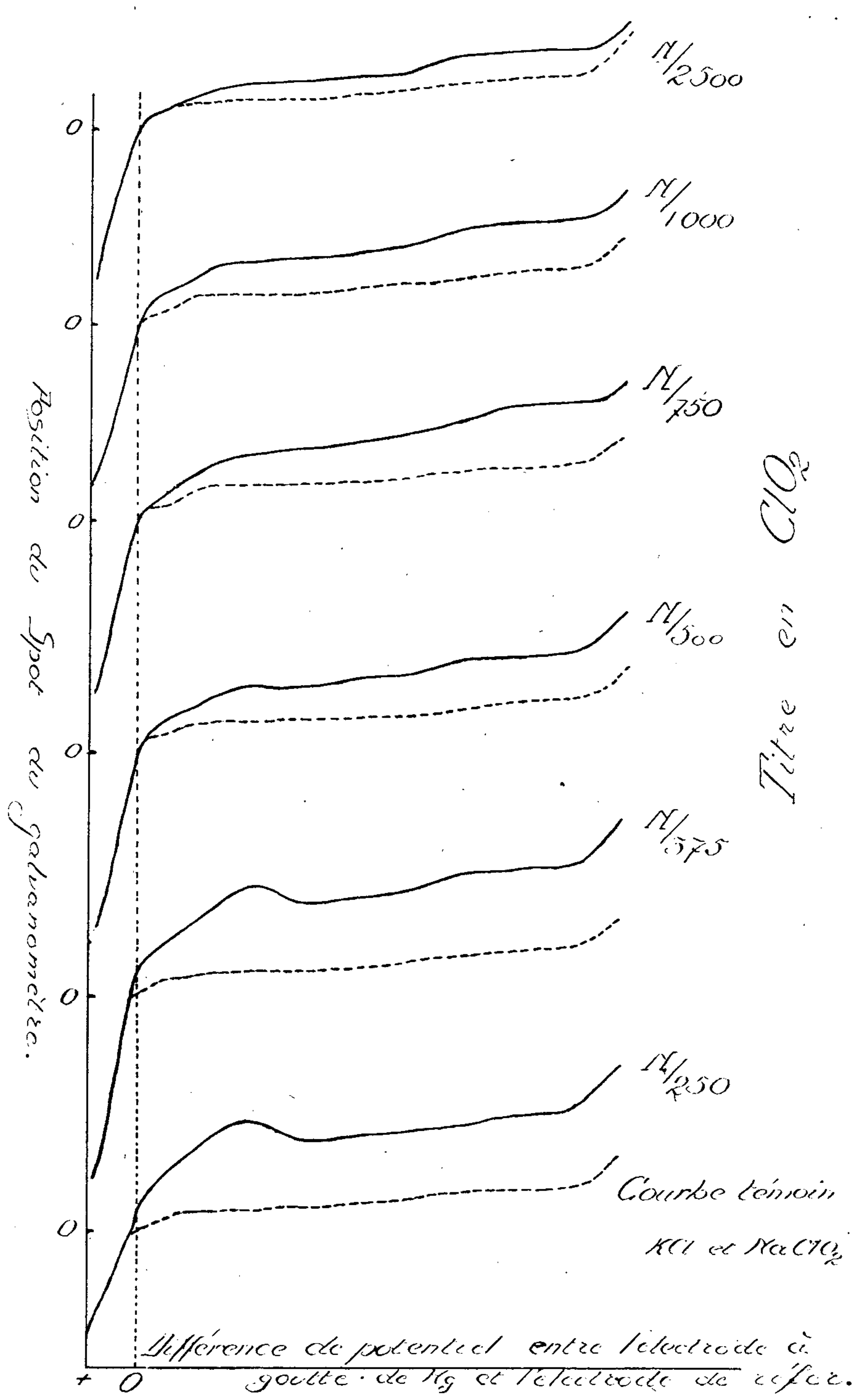


Fig. 2.

La méthode polarographique semble assez indiquée. L'anion chlorite ne se réduit pas sur la cathode de mercure avant les alcalins; d'autre part on peut, le cas échéant, ajouter sans inconvénient une quantité supplémentaire de chlorure pour avoir un bain de titrage de conductivité suffisante.

(²) J. F. White, *Am. Dyestuff Reporter*, 31, 1942, p. 484.

Le principe de la méthode est toutefois assez particulier. Il s'agit de doser une molécule neutre, mais on ne peut pas espérer avoir une réduction cathodique à un potentiel bien déterminé comme dans le cas de l'oxygène. En effet les solutions aqueuses de bioxyde de chlore sont réduites très rapidement par le mercure, de sorte qu'il faut admettre que la goutte cathode se couvre instantanément de sels mercureux et fonctionne alors comme électrode Hg/Hg_2^{++}.

Dans ces conditions, il n'est guère recommandable d'utiliser une grande surface de mercure comme anode impolarisable, pas plus d'ailleurs qu'une électrode d'argent qui réduit aussi le bioxyde de chlore. Il vaut mieux relier la cellule polarographique par l'intermédiaire d'un pont de sel à une électrode de référence réversible, et soustraire les gouttes tombées de la cathode le plus vite possible au contact du bain au moyen du montage représenté par la figure 1.

La figure 2 représente une série de courbes polarographiques obtenues pour des solutions de plus en plus concentrées en bioxyde de chlore en présence d'une quantité fixe de chlorure et de chlorite de sodium.

L'étude plus exacte de cette famille de courbes révèle deux particularités sur lesquelles nous nous proposons de revenir dans une prochaine Communication.

Au milieu environ du palier horizontal, on trouve une faible ondulation d'amplitude sensiblement constante. Nous supposons qu'il s'agit là du second palier de réduction de l'oxygène moléculaire, dissous dans le bain de titrage. Il convient donc de corriger la hauteur du palier du bioxyde de chlore de la valeur du premier palier de l'oxygène moléculaire. On sait que cette hauteur est égale à celle du second palier, hauteur que l'on peut évaluer sur la courbe même.

Cette correction faite, on obtient une relation à peu près linéaire entre la concentration du bioxyde de chlore et la hauteur du palier.

D'autre part, le palier du bioxyde de chlore se complique de la présence d'un maximum. Il diffère de celui que donne l'oxygène en ce que sa forme et son importance varient de façon différente en fonction de la résistance du circuit de mesure.

Nous nous proposons de perfectionner cette méthode de dosage et d'expliquer cette dernière particularité.

PHOTOCHIMIE. — *Sur le mécanisme de l'oxydation du carbone.* Note de M. **René Audubert**, présentée par M. Paul Pascal.

L'oxydation du carbone à des températures supérieures à 1500°C. et à faible pression doit être considérée comme un processus par chaîne, le porteur de chaîne étant très vraisemblablement des molécules de CO_2^* activées [1].

---

[1] R. Audubert et C. Racz, *Bull. Soc. Chim.*, 12, 1945, p. 318.

(1) $$3C + 2O_2 \rightarrow C_3O_4;$$
(2) $$C_3O_4 \rightarrow 2CO_2^\star + 2CO;$$
(3) $$CO_2^\star + C_3O_4 \rightarrow CO_2^\star + CO_2 + 2CO;$$
. . . .
(4) $$CO_2^\star \rightarrow CO_2 + h\nu.$$

On a vu que les données résultant de l'analyse photogénique conduisent au calcul du nombre, β, de maillons de la chaîne et que les valeurs moyennes ainsi obtenues étaient du même ordre de grandeur que celles déduites des données de la cinétique globale. On constate que β, quelle que soit la méthode de détermination utilisée, croît avec la température ainsi que le montrent les valeurs moyennes obtenues dans le tableau suivant :

T.	β cinétique.	β photogénèse (²).	
2000°K	1,5 ± 0,25	0,36 ± 0,03	1,8 ± 0,18
2354°K	2,0 ± 0,6	1,04 ± 0,12	4,0 ± 0,5

Si l'on admet que la propagation de la chaîne se fait par transfert de grands quanta d'énergie ainsi qu'il a été admis et établi, la longueur, par définition, est donnée par le rapport du nombre n de molécules de O_2 consommées dans un temps donné au nombre n' de photons ultraviolets émis par le filament de carbone dans toutes les directions de l'espace

$$\beta = \frac{n}{n'}.$$

Par conséquent

$$n = -\frac{d}{dt}(O_2); \qquad n' = \frac{d}{dt}(CO_2^\star).$$

L'ensemble des processus (1), (2), (3), (4) donne

(5) $$-\frac{d(O_2)}{dt} \approx \frac{s_3 s_2}{s_4} e^{-\frac{(W_3+W_2-W_4)}{RT}},$$

(6) $$\mathcal{I} = -\frac{d}{dt}(CO_2^\star) = s_2 S\, e^{-\frac{W_2}{RT}};$$

où W_1, W_2, W_4 représentent les énergies d'activation des processus (1), (2) et (4). On obtient

(7) $$\beta = \frac{2}{2}\frac{s_3}{s_2} S\, e^{-\frac{(W_3-W_4)}{RT}}.$$

Cette relation permet donc, à partir de la valeur de $(W_3 - W_4)$ égale, comme on l'a vu, à 6 kg/cal. (³) de prévoir la variation de β en fonction de la

---

(²) Ces deux déterminations photogéniques correspondent à des valeurs différentes de l'énergie d'activation globale (90 et 95 kg/cal).

(³) R. Audubert, *Comptes rendus*, **225**, 1947, p. 114.

température. Tout d'abord, elle rend bien compte du fait que cette grandeur augmente ainsi que l'expérience permet de le constater, quand la température croît. Elle vérifie, en outre, quantitativement, le taux de cet accroissement.

Le tableau suivant donne les valeurs de β calculées à 2354° K. à partir des résultats obtenus à 2000° K.

T (°C).		$\beta.10^{-5}$.	$\beta.10^{-5}$.	$\beta.10^{-5}$.
2 000		$1,5\pm0,25$	$0,36\pm0,03$	$1,8\pm0,18$
2354	cal	1,87	0,6	2,3
	exp	$2,0\pm0,7$	$1,0\pm0,2$	$3,0\pm0,4$

On constate que les valeurs calculées sont un peu plus faibles que les valeurs expérimentales. Ce qui signifie que la différence (W_3-W_4) est plus grande que 6 kg/cal; si la détermination de l'énergie d'activation photogénique a été effectuée avec une bonne précision (84 ± 4 kg/cal); il n'en est pas de même de la détermination de l'énergie d'activation de la réaction globale à partir de l'étude cinétique, si bien qu'il est raisonnable de penser que la valeur de 90 kg/cal est sans doute un peu trop faible.

Quoi qu'il en soit, on peut regarder comme une concordance très satisfaisante le fait de trouver à partir des données adoptées pour les énergies d'activation, mieux que l'ordre de grandeur.

Ces données confirment donc les résultats exposés antérieurement sur la nature de la réaction par chaîne d'oxydation du carbone à haute température.

CHIMIE GÉNÉRALE. — *Sur les limites d'inflammabilité des mélanges d'hydrogène et d'air.* Note (1) de MM. **Jean Elston** et **Paul Laffitte**, présentée par M. Paul Pascal.

Des recherches récentes effectuées sur les limites d'inflammabilité et la vitesse des flammes de divers mélanges gazeux combustibles ont permis de mettre en évidence le rôle extrêmement important de *l'état de la paroi* ou plus généralement de *l'histoire antérieure* de cette paroi (2). Ces résultats ne peuvent être expliqués que si l'on admet que dans ces phénomènes interviennent non seulement les facteurs thermiques, mais aussi le mécanisme des réactions de combustion tel qu'il est interprété par la théorie des réactions en chaîne. Les expériences, d'une nature différente des précédentes et dont les résultats sont très sommairement rapportés dans la présente Note, conduisent aux mêmes conclusions.

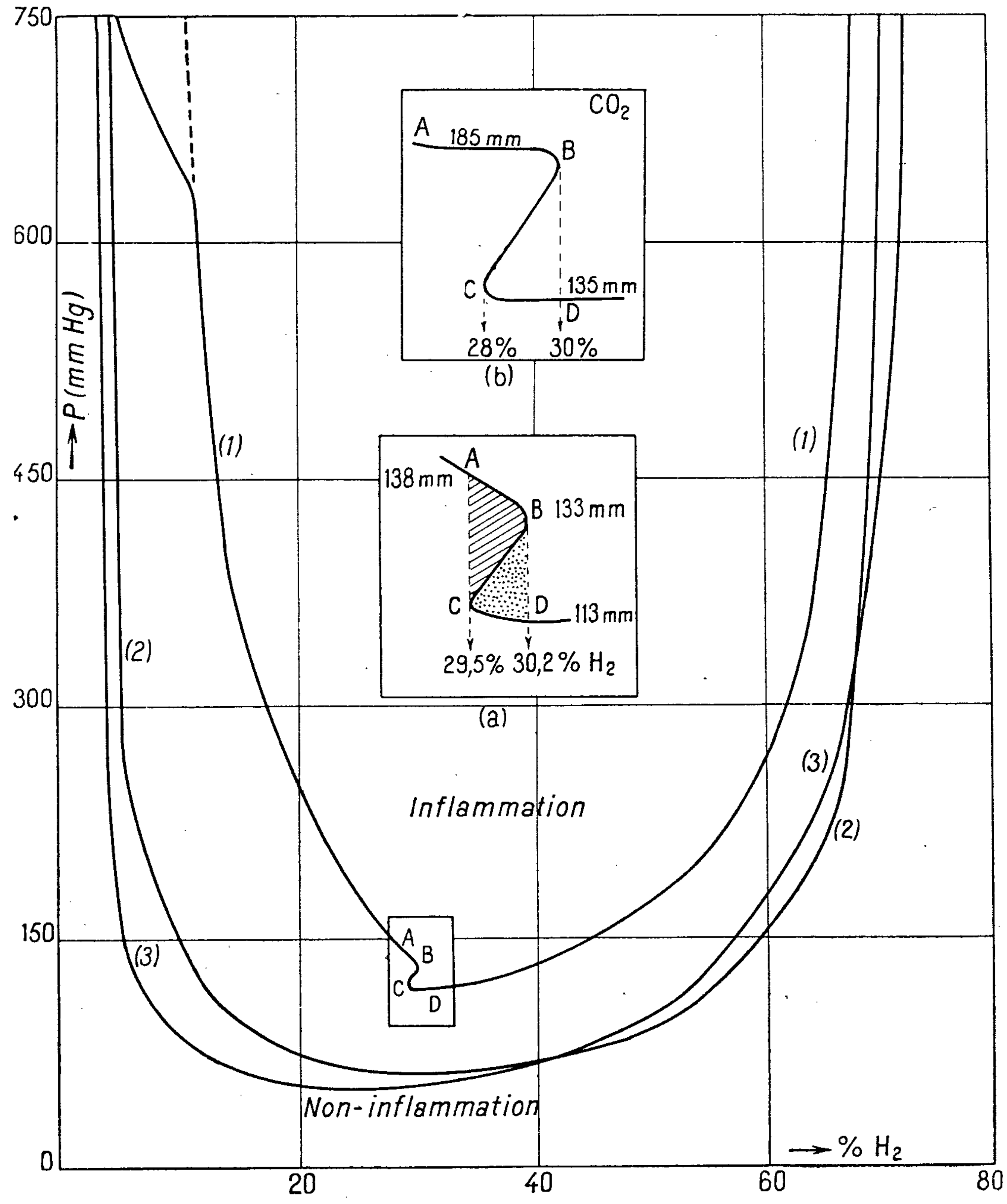
Nous avons étudié, en fonction de la pression, les limites d'inflammabilité

(1) Séance du 1er décembre 1947.

(2) G. Pannetier et P. Laffitte, *Comptes rendus*, **221**, 1945, p. 469, 553 et 623; **223**, 1946, p. 800; **224**, 1947, p. 1429; *XIe Congrès intern. chimie pure et appli.*, Londres, juillet 1947 (sous presse).

des mélanges hydrogène-air dans des tubes en pyrex d'assez faible section, et nous avons déterminé la pression critique au-dessous de laquelle toute propagation de la flamme est impossible. Les déterminations ont été faites dans trois tubes verticaux de 96^{cm} de longueur et de diamètres respectifs : 8^{mm} (1), 16^{mm} (2) et 25^{mm} (3). Dans les tubes placés verticalement on faisait, avant l'introduction du mélange gazeux, un vide de l'ordre de 10^{-4} mm et l'inflammation était provoquée à la partie inférieure par une étincelle électrique jaillissant entre deux électrodes de tungstène.

Les résultats obtenus sont représentés par les courbes (1), (2) et (3) de la figure ci-contre. On constate pour le tube (1) de plus petit diamètre, une



anomalie au voisinage de la pression critique et correspondant sensiblement à la composition du mélange stœchiométrique. Si l'on fait des déterminations sur la branche de gauche de la courbe (limite inférieure), on obtient des valeurs de plus en plus élevées de la limite au fur et à mesure que l'on abaisse la

pression. Jusqu'au point B la flamme prend naissance et se propage sur toute la longueur du tube dès que jaillit l'étincelle électrique pour tous les points situés au-dessus de la courbe. Entre A (29,5 % H_2) et B (30,2 % H_2) l'inflammation est impossible pour les points situés dans la zone hachurée [*fig.* (*a*)]. Mais au-dessous de BC (zone pointillée) on peut obtenir la propagation d'une flamme si l'on fait jaillir dans le mélange gazeux une seconde étincelle une ou deux minutes après le passage de la première qui n'a pas provoqué l'inflammation. Enfin au delà de D, pour tous les points situés au-dessus de la courbe, les phénomènes redeviennent normaux : la flamme se propage sur toute la longueur du tube dès que l'on y fait jaillir l'étincelle.

On observe des phénomènes analogues si dans le mélange hydrogène-air on remplace l'azote par de l'argon ou du gaz carbonique. Pour ce dernier l'allure de la courbe au voisinage de la pression critique est reproduite sur la figure (*b*). Les branches AB et CD sont à peu près horizontales, et dans cette zone il est encore plus facile que pour l'air d'obtenir à *volonté* un point soit sur AB soit sur CD.

On peut enfin noter l'observation suivante : pour le tube (1) de plus petit diamètre, au voisinage de la pression atmosphérique et pour la limite inférieure, on obtient au début des valeurs situées sur la partie pointillée de la courbe. Puis, le tube *vieillissant*, ces valeurs deviennent de plus en plus faibles et après un usage suffisamment prolongé du tube elles ne varient plus : les valeurs sont alors stabilisées sur la partie de la courbe en trait plein.

On conçoit que les observations précédentes soient impossibles à interpréter d'après la seule théorie thermique.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur l'attaque du plomb par le gaz sulfureux*. Note [1] de MM. **André Chrétien** et **Jean Broglin**, présentée par M. Paul Lebeau.

Nous avons antérieurement étudié et précisé les conditions d'attaque des métaux par divers gaz. Il nous a été possible de recueillir au cours de ces essais, un certain nombre de faits nouveaux intéressants [2]. Nous rappelons que le dispositif expérimental est des plus simples : l'attaque du métal est suivie par la variation de la pression du gaz dans un appareil clos tout en pyrex et verre de silice avec élévation linéaire de la température. La courbe pression-temps a un ou plusieurs points singuliers qui traduisent autant de modifications du système et précisent la suite des phénomènes.

L'action du gaz sulfureux sur les métaux est d'une étude relativement délicate en raison de l'intervention de divers produits, variables d'ailleurs, avec les conditions expérimentales, et de leur fixité (sulfures, oxydes, sulfates, sulfates basiques).

Cette Note est limitée à l'action du gaz sulfureux sur le plomb, qui présente un intérêt scientifique et technique.

---

(1) Séance du 10 décembre 1947.

(2) Hans Christensen, *Etude sur la chloruration des métaux* (*Thèse*, Strasbourg, 1943).

A une élévation de pression temporaire, due à la dilatation, succède un abaissement, puis une remontée en deux temps. La courbe pression-temps (*fig.* 1) montre trois points singuliers. Le dernier seul (C), le moins apparent, correspond à une température fixe, 930°. Le premier (A) est d'autant mieux marqué que l'échauffement est plus lent; la température correspondante varie

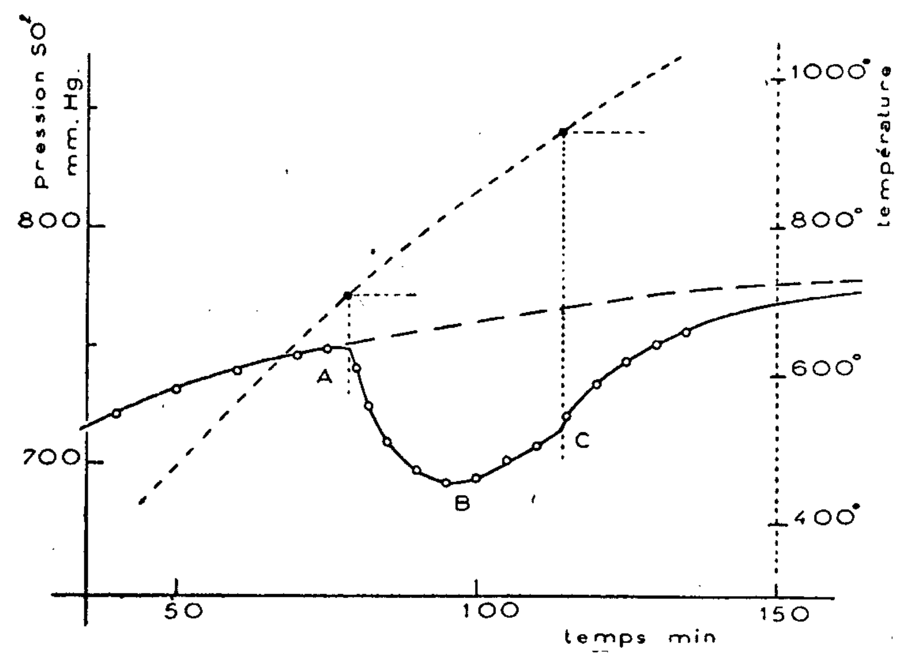


Fig. 1.

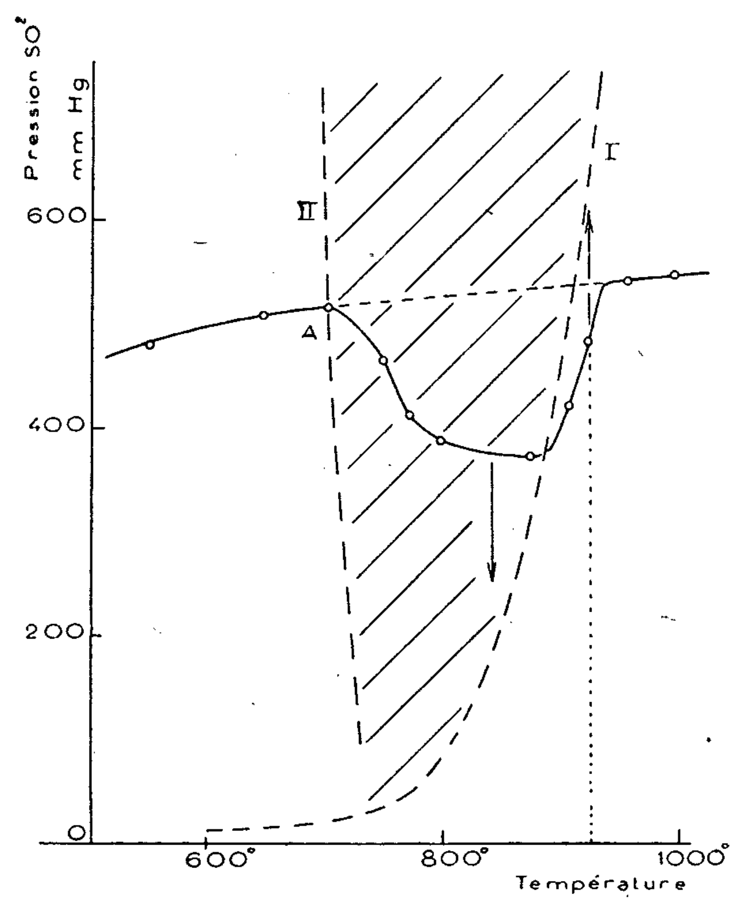


Fig. 2.

seulement avec la pression initiale, s'abaissant de 725° à 690° quand cette pression s'élève de 137 à 760 mm Hg.

La courbe pression-temps se déplace quand la pression initiale est modifiée, mais elle reste analogue à elle-même.

Le point A marque le début de l'attaque effective : température 695°. Jusque-là l'altération est limitée à une mince couche protectrice de sulfure et de sulfate qui ternit la surface du métal; ces composés sont décelés par voie chimique. Le début de l'absorption du gaz sulfureux correspond à la formation de sulfure et de sulfate basique; la pression tend à égaler la tension de dissociation du système correspondant. Comme la température continue à croître, la pression remonte bientôt au lieu de se fixer, après s'être abaissée (point B). Dès lors le gaz sulfureux est libéré par la réaction inverse, oxydation du sulfure par le sulfate basique, avec accentuation du dégagement à partir de la fusion du sulfure (930°, point C) jusqu'à consommation mutuelle de ces produits. A partir de ce moment, la pression n'est plus influencée que par la dilatation, comme au début.

La courbe pression-temps est formée au total de quatre parties dont les deux extrêmes sont dans le prolongement l'une de l'autre.

Ces phénomènes se retrouvent sur la courbe pression-température (*fig.* 2);

la pression est, dans l'exemple choisi, de 430 mm de Hg au lieu de 735 précédemment.

Sur le même graphique est figurée la courbe d'équilibre (I) relative à la réaction

$$5\,Pb + 3\,SO_2 \rightleftharpoons SO_4Pb,\ 2\,PbO + 2\,SPb,$$

déterminée par Schenk et Rassbach ([3]) et la courbe des températures de réaction commençantes (lieu du point A)(II). Ces deux courbes délimitent le domaine d'attaque du plomb.

Après inversion de la réaction, par oxydation du sulfure, la pression n'est pas celle de l'équilibre, en raison des retards. Elle la dépasse tout d'abord, puis lui est inférieure.

En présence d'oxygène, on n'observe aucun relèvement de la pression. Ce fait s'accorde avec l'absence de sulfure dans les produits de l'attaque.

Nous avons donc pu établir les conditions et modalités d'attaque du plomb, soigneusement purifié, par le gaz sulfureux pur, à savoir : la température de réaction commençante s'abaisse de 725° à 690° quand la pression initiale s'élève de 137 à 760^{mm} de Hg. Nous avons reconnu que deux phénomènes se succèdent : fixation du gaz sulfureux avec formation de sulfure et de sulfate bibasique, puis libération de ce gaz par inversion de la réaction.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur l'acide dimétaphosphorique.*

Note de M^lle **Denise Kantzer**, présentée par M. Paul Pascal.

L'acide dimétaphosphorique a été isolé et étudié par M. Pascal et M^me Réchid ([1]), qui le préparaient par déshydratation ménagée à 320° de l'acide orthophosphorique. Après neutralisation par la soude, ils ont obtenu et étudié le sel de sodium. Plus tard, M^me Réchid ([2]), puis Travers et Chu ([3]) ont mis en évidence la formation du même acide dans l'hydratation de l'anhydride phosphorique.

Travers et Chu ([3]) préparèrent également le dimétaphosphate de sodium par chauffage à 250° sous vide du mélange :

$PO_4Na_2H, 12\,H_2O$.......	5 parties
NO_3NH_4...............	1 partie
$Cl\,NH_4$................	1 partie

tandis que, par cette méthode, Bonneman ([4]) ne pouvait obtenir que du trimétaphosphate.

([3]) *Ber.*, **40**, 1907, p. 2185.

([1]) *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 828.

([2]) *Ibid.*, **196**, 1933, p. 860.

([3]) *Ibid.*, **198**, 1934, p. 2169.

([4]) *Annales de Chimie*, **16**, 1941, p. 395.

Par contre, ce dernier auteur a été amené à supposer l'existence d'un métaphosphate *plus actif* que le trimère, qui se formerait avant celui-ci dans la méthode de préparation de Knorre [5] (chauffage du mélange $PO_4Na_2H + NO_3NH_4$), mais sans pouvoir l'isoler. Il trouve aussi du dimétaphosphate dans les produits de décomposition du triphosphate $P_3O_{10}Na_5$

Nous avons réussi à mettre en évidence et à étudier le dimétaphosphate intermédiaire supposé par Bonneman. Du même coup, nous avons pu ainsi corroborer ses affimations, montrer que le corps de Travers et Chu pouvait bien être un dimère et déceler une filiation générale de l'acide métaphosphorique et de ses sels à partir des formes orthophosphoriques. Nos recherches conduisent d'ailleurs à une méthode simple de préparation des dimétaphosphates.

Formation du dimétaphosphate. — L'étude thermique des mélanges de phosphate disodique et de nitrate d'ammonium à parties égales, faite à l'aide d'une thermobalance de Chévenard, nous a permis de déterminer la température exacte de formation du métaphosphate, soit 236°. En arrêtant alors la chauffe, en dissolvant dans l'eau froide et en précipitant par l'alcool, on sépare une huile visqueuse qui présente tous les caractères décrits par Pascal et Réchid [1].

Action de la chaleur. — La chaleur transforme presque intégralement le dimétaphosphate en sel insoluble de Maddrell; à 320° l'insolubilisation n'est pas encore terminée, mais elle est complète à 500°.

Boullé [6], et plusieurs auteurs avant lui, ont déjà signalé que la déshydratation du pyrophosphate acide de potassium conduit au sel insoluble de Kurrol, tandis qu'avec le sel de sodium, on obtient, selon l'humidité de l'air, un mélange variable de formes insolubles et de trimétaphosphate. Nous l'avons vérifié et nous remarquons que, le trimétaphosphate étant très soluble, la présence d'eau doit favoriser la formation des formes insolubles.

Il y a donc lieu de penser que la forme dimère est toujours la première à prendre naissance dans la déshydratation des phosphates acides et qu'elle se transforme normalement en forme insoluble.

Il reste à expliquer que la méthode de Knorre conduise au trimétaphosphate alors que la transformation directe $3(PO_3Na)_2 \rightarrow 2(PO_3Na)_3$ n'a jamais pu être réalisée aux basses températures avec un bon rendement.

En fait, l'analyse thermopondérale des mélanges de phosphate disodique et de nitrate, combinée à l'analyse thermique différentielle et à l'analyse aux rayons X des produits obtenus, conduit à admettre le processus suivant :

$$3(PO_3Na)_2 + 6NO_3Na \rightarrow 3P_2O_7Na_4 + 3N_2O_5 \rightarrow 2(PO_3Na)_3 + 6NO_3Na$$

---

(5) *Zeitschrift für anorganische Chemie*, **24**, 1900, p. 369.

(6) *Annales de Chimie*, **17**, 1942, p. 213.

Les deux chaînons ont été réalisés directement.

Nous reviendrons ultérieurement sur le rôle des sels d'ammonium utilisés dans les préparations des divers méta et polyphosphates et sur le mécanisme de ces réactions.

CHIMIE MINÉRALE. — *Considérations sur les préparations de complexes de cobaltihexamine*. Note de M^lle **Jeanne Brigando**, présentée par M. Paul Pascal.

Les sels de cobaltihexamine $[Co(NH_3)_6]X_3$ se préparent, soit directement par oxydation dans des conditions convenables d'un mélange d'ammoniaque, de sel cobalteux et de sel d'ammonium, soit indirectement en remplaçant, par action de masse de l'ammoniaque, le chlore de l'ion complexe chloropentamine $[CoCl(NH_3)_5]^{++}$ par NH_3.

Ces deux groupes de méthodes s'appliquent aux complexes, du même type, où les $6NH_3$ sont remplacés, soit par 3 molécules de diamine, soit par 2 molécules de triamine. On ne connaît, par contre, aucun exemple de complexe où tout l'ammoniac ait été remplacé, molécule à molécule, par une monoamine. Bien plus, les seuls complexes obtenus à partir des monoamines (éthylamine, allylamine, benzylamine, *p*-toluidine, aniline) n'en contiennent qu'une molécule. Ils sont préparés par action de ces amines sur le chlorure de Co_{III} dichloro-1.6 diéthylènediamine.

J'ai obtenu avec la pyridine un complexe de ce type : le chlorure de $cobalt_{III}$ chlorodiéthylènediaminopyridine

$$\left[Co\begin{pmatrix} en^2 \\ Cl \\ pyr \end{pmatrix}\right]Cl^2 \qquad \begin{matrix}(en = \text{éthylènediamine}), \\ (pyr = \text{pyridine}).\end{matrix}$$

5^g de chlorure de cobalt dichlorodiéthylènediamine + 100^cm³ d'eau + 10^g de pyridine sont chauffés 2 heures au bain-marie bouillant. Par refroidissement il se forme de beaux cristaux rouges qu'on fait recristalliser dans l'eau.

Si l'on essaie d'appliquer aux amines simples (méthylamine, éthylamine, butylamine) la méthode de préparation des sels lutés, il y a formation plus ou moins importante d'hydroxyde de cobalt. Il m'a paru intéressant de rechercher si en variant les conditions il ne serait pas possible d'obtenir les hexamines. J'ai étudié l'action de la méthylamine et de l'éthylamine sur le chlorure purpuréo à 100°, en opérant en flacons à fermeture hermétique. Il est possible d'éviter la formation d'oxyde de cobalt, par la présence d'un excès d'un sel de l'amine (20^g de chlorhydrate de méthylamine pour 5^g de chlorure de Co-chloropentamine et 100^cm³ de méthylamine à 30 %), mais pour cette teneur de chlorhydrate il n'y a pas fixation d'amine. Par contre, pour les essais effectués

dans les mêmes conditions avec 50 et 100^g de chlorhydrate de méthylamine, on obtient un complexe correspondant à la formule

$$\left[Co \begin{pmatrix} 4NH_3 \\ 2CH_3NH_2 \end{pmatrix} Cl_3 \right]$$

Le chlore et un NH_3 du sel purpuréo ont été remplacés par l'amine. C'est un sel type d'hexamine mixte.

5^g de chlorure de cobalt chloropentamine $+ 100^g$ de chlorhydrate de méthylamine $+ 100^{cm^3}$ d'une solution de méthylamine à 30 % sont chauffés 10 heures au bain-marie bouillant. La solution centrifugée est précipitée par l'alcool absolu. Le produit dissous dans l'eau est, après centrifugation, de nouveau précipité par l'alcool absolu et lavé à l'alcool, puis à l'éther,

Avec l'éthylamine, en présence de son sulfate (¹), un atome chlore seul est remplacé par l'amine; le corps obtenu répondrait au schéma

$$\left[Co \begin{pmatrix} 5NH_3 \\ CH_3-CH_2-NH_2 \end{pmatrix} \right]^2 (SO_4)^3.$$

5^g de chlorure de la chloropentamine $+ 20^g$ de sulfate d'éthylamine $+ 100^{cm^3}$ de solution d'éthylamine à 33 % sont chauffés au bain-marie à 100°. La solution est précipitée par l'alcool (deux précipitations successives). Le produit est dissous à nouveau dans l'eau; on laisse la solution centrifugée s'évaporer à l'air.

J'ai opéré ensuite avec la méthylamine en autoclave. Pour 5^g de chlorure de Co-chloropentamine $+ 100^{cm^3}$ de méthylamine à 30 % et 50^g de méthylamine, il y a encore une légère formation d'oxyde de cobalt à 225, 215 et 180°. Avec 75^g de chlorhydrate de méthylamine et, *a fortiori*, 100^g, il n'y a plus formation d'oxyde de cobalt.

5^g de chlorure de Co-chloropentamine $+ 100^g$ de chlorhydrate de méthylamine $+ 100^{cm^3}$ d'une solution à 30 % de méthylamine sont chauffés 9 heures à 200-210°. Le produit cristallisé, obtenu par refroidissement, est dissous dans l'eau. La solution centrifugée est précipitée par l'alcool.

La teneur en carbone du corps obtenu indique qu'il n'y a pas une plus grande quantité d'amine fixée.

Les monoamines organiques se comportent donc différemment à la fois de l'ammoniac et des polyamines (éthylènediamine, propylènediamine, diéthylènetriamine, triaminopropane) pour l'obtention des complexes de Co-hexamine. L'ammoniaque et les polyamines se différencient des monoamines par la symétrie de leurs molécules. On peut supposer qu'une activité chimique particulière est liée à cette symétrie pour la formation des complexes qui, dans le cas étudié, sont des complexes parfaits de Co_{III} hexamine.

(¹) Solubilité moindre des sulfates d'hexamine.

MÉTALLOGRAPHIE. — *Influence d'un recuit préalable du fer dans l'hydrogène, sur son comportement ultérieur lors du chargement à froid en ce gaz.* Note [1] de M. **Paul Bastien**, présentée par M. Albert Portevin.

La diffusion de l'hydrogène dans le fer modifie profondément sa capacité de déformation plastique, et il est intéressant d'étudier le phénomène sur cristaux uniques. La préparation des monocristaux de fer impliquant des chauffages dans l'hydrogène, destinés à éliminer les impuretés du métal, il apparaît nécessaire, avant toute étude sur cristaux uniques, de préciser si le recuit dans l'hydrogène n'apporte pas des modifications dans le comportement ultérieur du métal polycristallin soumis à un chargement en hydrogène. Nous avons fait porter nos essais sur six fers Armco différents, qui ont été étudiés [2] après 48 heures de recuit à 880°C. dans l'argon ou dans l'hydrogène.

Chauffage préalable dans l'argon. — Les six fers Armco eurent des comportements identiques :

Nombre de pliages.				Volumes d'hydrogène dégagés en 1000 h à 15°C. dans le mercure en cm³/100 g.
Après recuit dans l'argon.	Après chargement en hydrogène à 15°C.	Après 1000 h à 15°C. dans le mercure.	Après 1000 h à 15°C. et 500 h à 60°C.	
	Par attaque à l'acide			
25	13	17	26	1,2
	Par électrolyse			
25	10	13	25	3,9

La fragilité due à l'hydrogène est notable avec les deux modes de chargement; sa disparition ultérieure n'est que partielle à la température ambiante, mais complète à 60° C.

Chauffage préalable dans l'hydrogène. — Les six fers Armco se sont nettement partagés en deux groupes :

Nombre de pliages.				Volumes d'hydrogène dégagés en 1000 h à 15°C. dans le mercure en cm³/100 g.
Après recuit dans l'hydrogène.	Après chargement en hydrogène à 15°C.	Après 1000 h à 15° C. dans le mercure.	Après 1000 h à 15°C. et 500 h à 60°C.	
1er *Groupe :*				
	Par attaque à l'acide			
36	31	35	35	0,2
	Par électrolyse			
36	20	32	36	0,7
2e *Groupe :*				
	Par attaque à l'acide			
6	6	7	7	0,2
	Par électrolyse			
6	2	3-4	3-4	16,2

(1) Séance du 10 décembre 1947.

(2) Sur fils de 2mm de diamètre, après recuit dans l'argon ou l'hydrogène, le fer était chargé en hydrogène, soit par immersion de 48 heures dans une solution d'acide chlorhydrique à 10 %, soit par électrolyse de même durée dans cette solution (2,5 A; 5,25 mA/cm²).

Pour le premier groupe, le recuit dans l'hydrogène donne, comme dans l'argon, un métal à cristallisation assez fine, et régulière; il n'y a ni fissures intergranulaires, ni fragilité. Après attaque à l'acide, la fragilité due à l'hydrogène est très faible contrairement à celle résultant de l'électrolyse; le rétablissement ultérieur des caractéristiques est presque complet à la température ambiante. Dans le deuxième groupe, le recuit dans l'hydrogène donne une cristallisation très grossière, irrégulière avec des fissures intergranulaires; il provoque une fragilité qui n'est pas modifiée par une immersion en solution acide, mais est accrue par électrolyse : dans ce cas, l'hydrogène abondamment dégagé par l'électrolyse pénètre dans les fissures, dont beaucoup débouchent en surface, et le dégagement ultérieur de gaz est important.

Ces résultats peuvent s'expliquer de façon complète : le recuit dans l'hydrogène provoque une élimination très sensible des impuretés (C, O_2, S, As...); le métal plus pur est beaucoup moins attaqué en solution acide, d'où un dégagement réduit d'hydrogène à sa surface, tandis qu'en électrolyse le volume d'hydrogène reste conditionné par l'intensité du courant. De plus, le fer pur catalyse la transformation $2\,H \rightarrow H_2$ et défavorise l'adsorption d'hydrogène, alors que la présence de soufre ou de gaz H_2S à la surface du métal empêche cette réaction et favorise la formation d'hydrogène adsorbé ([3]).

Cette étude souligne à nouveau ([4]) l'importance du rôle joué par la couche de gaz adsorbé dans la diffusion de l'hydrogène dans le fer. Elle montre que le fer monocristallin ne devient pas fragile par décapage à l'acide, cela résulte non pas de l'absence des joints intercristallins, mais de la modification de l'activité chimique du métal sous l'effet du recuit dans l'hydrogène, puisque cet effet se retrouve sur échantillons polycristallins ayant subi le même traitement.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Étude de la réaction anormale des esters carboxyliques α-halogénés avec les phosphites diacoyliques monosodiques.* Note de MM. **Vincent Chavane** et **Paul Rumpf**.

Comme P. Nylen ([1]) l'avait constaté, l'action d'un phosphite dialcoylique et monosodique sur les esters d'acides α-halogénés ne donne généralement pas les dérivés phosphorés prévus $R{-}CH(CO_2R'){-}PO(OR'')_2$. Après avoir vérifié ce fait, nous avons repris l'étude de la réaction, en cherchant à isoler les divers produits fournis, dans ce cas, par le mode opératoire couramment utilisé pour les phosphonations en série aliphatique : action du phosphite

([3]) *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 105; cette propriété du soufre paraît d'ailleurs commune aux métalloïdes des groupes V et VI de la classification périodique des éléments.

([4]) *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 188.

([1]) *Ber.*, 57, 1924, p. 1037.

diéthylique sodé, en milieu inerte et anhydre (benzène), sur cinq esters d'acides halogénés différents.

Avec les esters chloracétique, bromacétique, bromobutyrique et bromooctanoïque, la précipitation d'halogénure de sodium a été immédiate; pour la rendre totale, l'ébullition à reflux de la solution benzénique a été maintenue pendant 6 heures. Après essorage du sel de sodium et distillation du solvant, nous avons étudié les produits restants.

1° Chloracétate et bromacétate d'éthyle : c'est seulement ici que nous avons pu constater la réaction normale, observée également par Nylen. Nous avons ainsi obtenu l'ester $H_5C_2O_2C—CH_2—PO(OC_2H_5)_2$, $É_{11}$ 147-148°, avec un rendement de 45-50 % dans les deux cas. Nous avons aussi isolé du succinate d'éthyle : $É_{15}$ 105°. Rendement, 5 %.

2° Dans le cas de l'α-bromobutyrate d'éthyle, le résidu contenant du sodium n'est distillable qu'après lavage à l'eau. On récupère d'abord du bromobutyrate. De 110° à 150° sous 25^{mm}, passe ensuite une fraction dont l'hydrolyse bromhydrique fournit de l'acide phosphorique et deux produits, fondant l'un à 127-128°, l'autre à 207°. Ce sont les deux stéréoisomères de l'acide diéthylsuccinique (²).

3° Les produits de réaction de l'α-bromooctanoate ont donné, à la distillation sous 2^{mm}, de l'octanoate et surtout du bromooctanoate. Après reprise du résidu par l'eau, nous avons obtenu des phosphates, des pyrophosphates et surtout des hypophosphates acides de sodium, ainsi qu'une portion huileuse dont l'hydrolyse bromhydrique fournit de l'octanoïque et un acide possèdant les propriétés que l'on est en droit d'attendre du dihexylsuccinique.

4° Avec le phénylbromacétate d'éthyle, la précipitation est, au contraire, très lente et incomplète. On recueille d'abord beaucoup de phénylacétate d'éthyle et du phénylbromacétate. La recristallisation du résidu non distillable donne un corps incolore fondant à 140-141°, comme le *méso*-diphénylsuccinate d'éthyle.

On constate donc toujours la formation d'une certaine quantité d'un dérivé de l'acide succinique, disubstitué en $\alpha\alpha'$. Kosolapoff (³) a observé une réaction analogue en voulant phosphoner le malonate d'éthyle bromé. L'absence de dérivés organiques du phosphore dans les trois derniers cas permettait de se demander si le groupement phosphonique n'est pas labile sur un carbone secondaire en α d'un groupement carboxylique. Nous avons pu constater, au contraire, la grande stabilité de l'octanoïque-1 phosphonique-2, préparé à partir du bromure de *n*-hexyle et du dérivé sodé de l'ester triéthylique de l'éthanoïque phosphonique.

Par effet inductif et hyperconjugaison céto-énolique, les groupements

(²) M. Montagne et M. Roch, *Bull. Soc. Chim.*, 10, 1943, p. 193.

(³) G. M. Kosolapoff, *J. amer. chem. Soc.*, 68, 1946, p. 1103.

carboxyliques favorisent une polarisation négative de l'atome de carbone en α[4]. On observe en effet que, d'une manière générale, les halogènes fixés sur ce carbone sont relativement peu ionisables à l'état d'ions négatifs, mais particulièrement sensibles aux agents de réduction. Les phosphites dialcoyliques monosodiques étant de puissants réducteurs, il en résulte ici un échange partiel entre le sodium et l'halogène, avec formation d'un halogénophosphite et d'un ester sodé en α.

$$R{-}CHBr{-}CO_2R' + NaPO(OR'')_2 \rightarrow R{-}CHNa{-}CO_2R' + BrPO(OR'')_2.$$

Comme nous avons eu souvent l'occasion de le constater, l'encombrement stérique agit fortement sur la réaction de phosphonation : dans tous les cas où il entraîne un ralentissement suffisant, on isole exclusivement les produits qui résultent de cette permutation halogène-sodium et de l'action des corps formés sur les réactifs initiaux. Les schémas ci-dessous expliquent le bilan de l'hydrolyse :

$$\text{(I)}\quad (R''O)_2OPBr + NaPO(OR'')_2 \rightarrow (R''O)_2OP{-}PO(OR'')_2 + BrNa,$$
$$\text{(II)}\quad R{-}CHNa{-}CO_2R' + R{-}CHBr{-}CO_2R' \rightarrow R{-}CH(CHR{-}CO_2R'){-}CO_2R' + BrNa,$$
$$\text{(III)}\quad R{-}CHNa{-}CO_2R' + H_2O \rightarrow R{-}CH_2{-}CO_2R' + NaOH.$$

Quant aux acides phosphorique et phosphoreux, ils sont dus à l'action de l'eau sur l'halogénophosphite et sur le phosphite sodique n'ayant pas réagi.

La vitesse de la réaction de doublement (II) varie d'ailleurs considérablement, elle aussi, avec la complexité de la molécule : de 25-30 % de rendement dans le cas de l'acide diéthylsuccinique, à 10 % pour le dihexylsuccinique après 6 heures de chauffage, et 5 % pour le diphénylsuccinique après 24 heures.

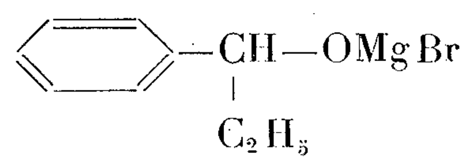
CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'oxydation de quelques alcools par des solutions d'hypobromite.* Note de M. **Maurice Métayer** et M^lle **Suzanne Roumens**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

On sait que récemment L. Palfray, M. Métayer et J. Panouse [1] ont mis au point une nouvelle méthode d'oxydation des alcools, au moyen de solutions aqueuses d'hypobromite de sodium. Ces auteurs ont traité un certain nombre d'alcools par l'hypobromite de sodium et ont obtenu les dérivés carbonylés correspondants, avec des rendements variant de 3 à 40 % suivant la nature de l'alcool; les auteurs ont également signalé que la destruction de la combinaison magnésienne du type R(R')CH.O.MgBr par l'hypobromite de sodium condui-

---

(4) P. Rumpf, *Bull. Soc. Chim.*, 1946, p. 655.

(1) *Bull. Soc. Chim.*, 14, 1947, p. 766.

sait avec un rendement bien supérieur à la cétone correspondante (83 % dans le cas du magnésien ).

Nous avons étendu la réaction à quelques dérivés magnésiens d'alcools cyclaniques. Nous avons fait agir sur le bromure de cyclohexylmagnésium le méthanal, l'éthanal et le propanal. Une moitié des dérivés obtenus a été hydrolysée par SO_4H_2 à 10 %, l'autre moitié par une solution d'hypobromite de sodium à raison de quatre molécules d'hypobromite pour une de magnésien, comme il a été précédemment indiqué ([2]).

Les résultats sont résumés par le tableau suivant.

Dérivés magnésiens.	% de cétone avec SO^4H^2.	% de cétone avec hypobromite.	Nature du composé.
$C_6H_{11}-CH_2-OMgBr$....	13	20	$C_6H_{11}-CHO$
$C_6H_{11}-CH(OMgBr)CH_3$..	13,6	30	$C_6H_{11}-CO-CH_3$ semicarbazone F175°
$C_6H_{11}-CH(OMgBr)C_2H_5$.	13	51	$C_6H_{11}-CO-C_2H_5$ semicarbazone F150°

On remarquera que l'alcool primaire est le moins oxydé. Nous avons pensé que la différence de résultats obtenus lors de l'action de l'hypobromite de sodium sur l'alcool et les combinaisons magnésiennes qui leur donnent naissance pouvait provenir de la formation de l'hypobromite de magnésium qui aurait un pouvoir oxydant plus grand que l'hypobromite de sodium.

$$H_2O + NaOBr + R(R')CH-O-MgBr \rightarrow R(R')CHOH + Mg(OBr)_2 + Na(OH)$$
$$\rightleftharpoons R(R')CO + NaOH + Br_2Mg + H_2O.$$

Nous avons, pour vérifier cette hypothèse, essayé de préparer l'hypobromite de magnésium, corps très peu connu, que seul Balard a tenté d'identifier. Nous n'avons pu l'obtenir par double décomposition entre le SO_4Mg ou le Cl_2Mg et l'hypobromite de sodium, car il se produit toujours un précipité abondant de magnésie, et l'on se trouve finalement en présence de sels dont nous n'avons pas établi la constitution. Nous avons alors fait agir directement le brome sur la magnésie. Mais l'action est lente et ne se fait bien qu'avec la magnésie fraîchement précipitée. Voici le mode opératoire que nous avons adopté :

On précipite la magnésie par action de la soude sur Cl_2Mg, on lave de nombreuses fois à l'eau jusqu'à ce que les eaux de lavage ne précipitent plus au NO_3Ag. On décante l'eau surnageante, on refroidit avec de la glace et l'on ajoute lentement la quantité théorique de brome moins 10 % de façon à ne pas

([2]) M. Métayer, *Comptes rendus*, 223, 1946, p. 739.

avoir un excès de brome qui puisse gêner ultérieurement. On décante la partie surnageante qui contient l'hypobromite en solution. On le dose par la méthode de Bunsen qui est employée pour le chlorure de chaux. Nous avons évaporé sous vide une portion de filtrat et dosé les ions Br^- Mg^+ et $(Bro)^-$ sur le résidu qui se présente sous forme de cristaux incolores. On obtient pour formule brute $(BrO)_2Mg$, mais on ne peut conclure à l'existence de bromite de magnésium, car il se peut qu'on soit en présence d'un mélange de plusieurs sels. En solution acide, ce composé libère son brome en totalité, par conséquent il est dosable en présence de IK par le thiosulfate de sodium. Notons de plus qu'il est instable; dès 40° il commence à se décomposer pour perdre à 50° rapidement du brome; il se détruit par séjour à la lumière en donnant du brome libre du Br_2Mg et de la magnésie. Les solutions exposées à la lumière voient rapidement leurs propriétés oxydantes diminuer. Ces dernières ont été mises en évidence lors de l'oxydation de plusieurs alcools; nous nous sommes placés dans les conditions déjà décrites lors de l'oxydation de certains alcools par l'hypobromite de sodium ([3]).

Voici les résultats obtenus :

Alcool.		Aldéhyde ou cétone obtenus.	Par BrONa ([3]).	Par $(BrO)_2Mg$.		
Phénylcarbinol............	$C_6H_5-CH_2OH$	C_6H_5-CHO	32 %	74 %	2.4-dinitrophényl-hydrazone F	241°
Méthylphénylcarbinol......	$C_6H_5-CHOH-CH_3$	$C_6H_5-CO-CH_3$	37	50	2.4-dinitro F	242
Benzylcarbinol............	$C_6H_5-CH_2-CH_2OH$	$C_6H_5-CO-CH_3$	19	14	»	242
Méthylcyclohexylcarbinol..	$C_6H_{11}-CHOH-CH_3$	$C_6H_{11}-CO-CH_3$	–	52	»	132
4-méthylcyclohexylcarbinol.	$CH_3-C_6H_{10}-OH$	$CH_3-C_6H_9O$	–	78	»	116
Bornéol..................	$C_{10}H_{18}O$	$C_{10}H_{16}O$ (camphre)	–	72	–	

On voit que les résultats sont nettement supérieurs à ceux obtenus par l'hypobromite de sodium. Mais on retrouve les mêmes particularités d'action entre les deux corps à savoir :

1° Les alcools primaires sont moins facilement oxydables que les alcools secondaires.

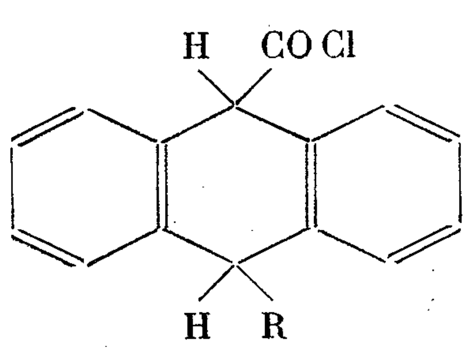
2° L'alcool phényléthylique se transforme en acétophénone. Ainsi l'on peut penser qu'au cours de la destruction de la combinaison organomagnésienne R(R')CH — OMgBr par l'hypobromite de sodium, il se forme des composés bromo-oxygénés du magnésium plus instables, donc plus oxydants que l'hypobromite de sodium. Ceci expliquerait la différence d'action de l'hypobromite de sodium sur les alcools et les combinaisons organomagnésiennes qui leur donnent naissance.

([3]) J. Panouse, *Comptes rendus*, **223**, 1946, p. 745.

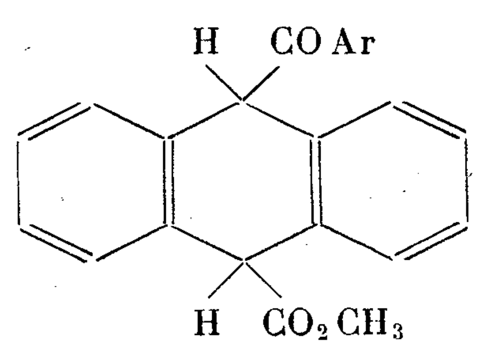
CHIMIE ORGANIQUE. — *Préparation de céto-esters mésodihydroanthracéniques par réaction de Friedel et Crafts.* Note de M. **Jean Rigaudy**, présentée par M. Marcel Delépine.

Il a été établi dans un travail antérieur que la fonction chlorure d'acide des acides mésodihydroanthracènemésocarboxyliques (I, II, III) est très sensible à l'action du Cl_3Al dans les milieux non susceptibles d'engendrer des produits de condensation, CS_2 par exemple. Elle est immédiatement détruite à froid par élimination avec l'hydrogène du mésosommet en vis-à-vis et retour au type anthracénique non hydrogéné. La même fragilité se retrouve pour la fonction anhydride d'acide dans l'anhydride transannulaire ([1]). Il y avait lieu de se demander, dans ces conditions, si les réactions de condensation de Friedel et Crafts étaient utilisables dans cette série pour préparer des corps à fonction cétonique. Les résultats obtenus ont montré qu'on pouvait répondre à cette question par l'affirmative.

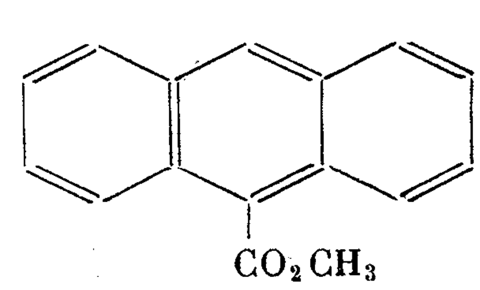
Mes expériences ont porté sur le chlorure ester méthylique *cis* (III), qui, comme il vient d'être rappelé, est transformé, par Cl_3Al dans le CS_2, en ester méthylique de l'acide anthracènemésocarboxylique (V). Ce composé a semblé, en effet, le plus avantageux de la série, car il n'a qu'une fonction réagissante, ce qui simplifie les réactions; de plus, la fonction chlorure d'acide donne des condensations généralement plus nettes et plus faciles que la fonction anhydride, comme l'ont récemment montré Ch. Dufraisse et A. Allais dans un cas voisin : celui de la synthèse des esters benzoylbenzoïques ([2]). J'ai constaté que ce chlorure ester conduit, lorsqu'on utilise comme solvant un corps condensable, aux esters des acides aroyl-9 dihydro-9.10 anthracène carboxyliques-10 (IV).



(I) R = H
(II) R = COCl
(III) R = CO_2CH_3



(IV)



(V)

Les carbures benzéniques méthylés et méthoxylés simples donnent les corps suivants avec des rendements presque toujours élevés, par réaction à froid en présence d'un excès de Cl_3Al (4 molécules).

([1]) Ch. Dufraisse et J. Rigaudy, *Comptes rendus*, **221**, 1945, p. 625.

([2]) Ch. Dufraisse et A. Allais, *Bull. Soc. Chim.*, 5e série, **11**, 1944, p. 531

Corps condensé.	Ar.		Formule brute.	$F_{inst.}$ du cétoester (°C.).	Rendements (%).
Toluène	$C_6H_4(CH_3)$		$C_{24}H_{20}O_3$	170-171	80
Xylène	$C_6H_3(CH_3)_2$	O	$C_{25}H_{22}O_3$	154-155	80
		m	id.	157-158	80
		p	id.	137-138	40
Anisole	$C_6H_4(OCH_3)$		$C_{24}H_{20}O_4$	162-163	95
Diméthoxybenzène	$C_6H_3(OCH_3)_2$	O	$C_{25}H_{22}O_5$	183-184	85
		m	id.	200-201	80
		p	id.	173-174	85

L'examen du tableau ci-dessus montre que, parmi les dérivés utilisés, seul le paraxylène donne un rendement nettement inférieur; dans ce cas, la réaction est plus irrégulière, elle s'accompagne d'un dégagement gazeux, vraisemblablement de CO, et de la formation de résines anthracéniques.

Pour le benzène, la réaction, encore plus violente, semble aboutir presque uniquement à l'élimination de CO et à la formation de résines.

En résumé, de la comparaison des deux modes d'action du Cl_3Al, il ressort que lorsqu'on opère en présence d'un solvant inapte à se condenser selon la réaction de Friedel et Crafts il y a destruction rapide, quasi instantanée, du complexe binaire formé par union du Cl_3Al et du chlorure d'acide. Par contre, si l'on opère en présence d'un solvant susceptible de donner des condensations sous l'influence de Cl_3Al, la destruction est empêchée; la condensation de Friedel et Crafts suit alors son cours normal, bien que, pour être totale, elle exige une durée beaucoup plus longue que la destruction.

C'est donc une véritable inhibition par le carbure de la destruction du complexe binaire qui rend possible la condensation et non pas, comme on aurait pu le supposer, une vitesse de transformation plus grande que celle de la destruction. Ceci vient appuyer l'hypothèse générale concernant le mécanisme de formation des cétones par condensation d'après Friedel et Crafts, hypothèse selon laquelle il y aurait formation préalable d'un complexe ternaire réunissant au sel d'aluminium les deux participants à la réaction.

Dans le cas qui nous occupe, le complexe binaire chlorure d'acide-Cl_3Al instable se trouverait stabilisé par la formation du complexe ternaire, chlorure d'acide-Cl_3Al-carbure, dont l'évolution ultérieure conduirait au produit de réaction normal.

Il y a un cas intermédiaire, celui de corps aromatiques moins réactifs, vraisemblablement par suite de leur organisation plus symétrique, comme le paraxylène et surtout le benzène : l'addition stabilisante en complexe ternaire est alors retardée, donc concurrencée par la réaction de destruction du chlorure d'acide. Ainsi s'expliqueraient les rendements fortement abaissés avec le *p*-xylène et presque nuls avec le benzène.

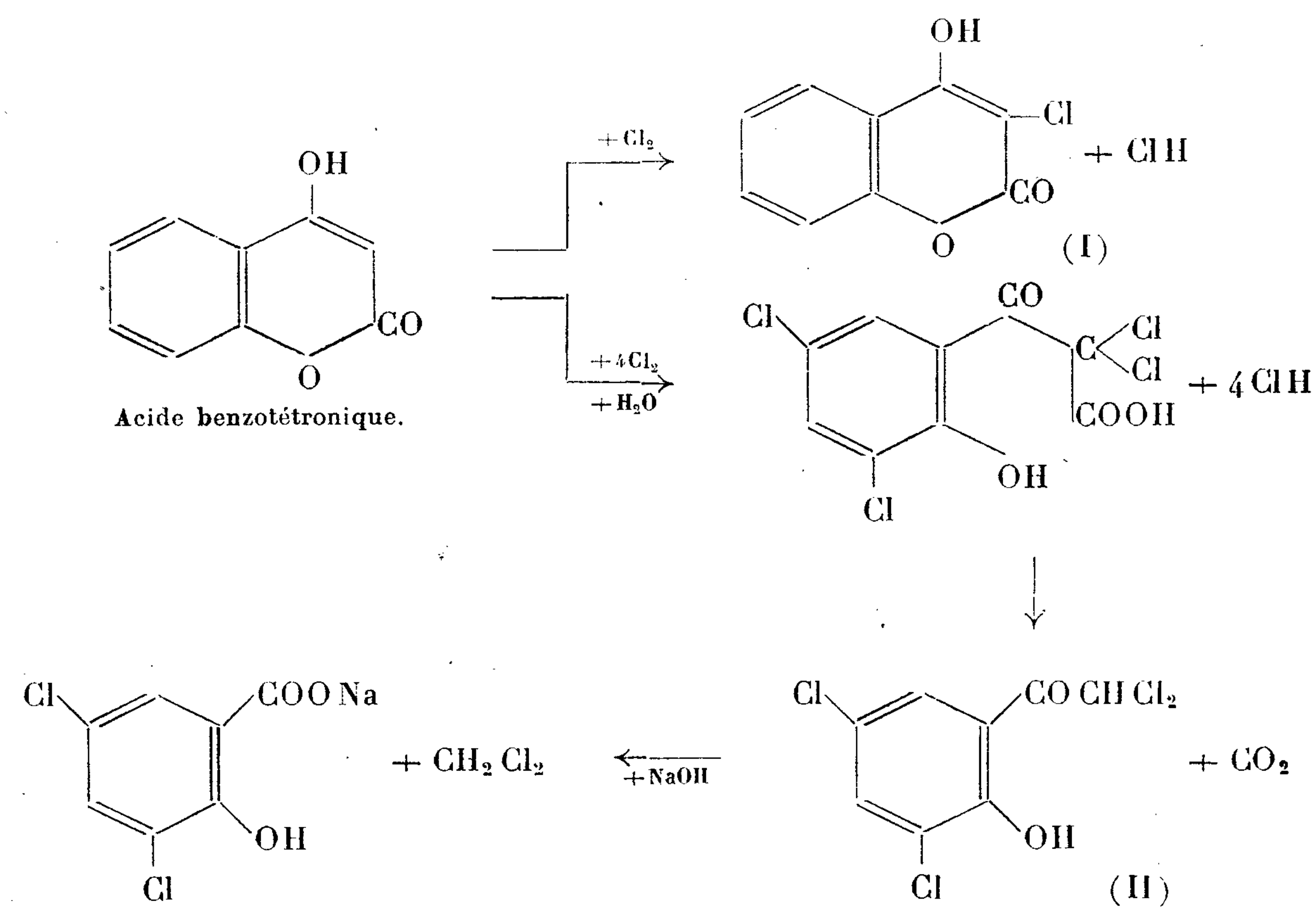
CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la chloruration de l'acide benzotétronique.* Note de MM. **Charles Mentzer** et **Paul Meunier**, présentée par M. Marcel Delépine.

Au cours de travaux antérieurs nous avons montré que la méthyle-2-naphtoquinone-1.4, qui est une vitamine K, peut être transformée très facilement en une antivitamine correspondante : il suffit pour cela de remplacer le groupement méthyle en 2 par un atome de chlore (1). Un tel échange, appliqué à la méthyle-3 hydroxy-4 coumarine, devait également aboutir à une inversion physiologique. En d'autres termes, la chloro-3 hydroxy-4 coumarine (ou acide chloro-3 benzotétronique) (I) avait quelques chances de présenter des propriétés antivitaminiques K. Ayant préalablement réussi la synthèse de la bromo-3 hydroxy-4 coumarine par action du brome en quantité moléculaire sur l'acide benzotétronique, nous avions d'abord pensé que l'halogénation allait pouvoir s'effectuer de la même façon avec le chlore. Or, l'expérience a montré qu'il n'en est rien. Quand on utilise une quantité théorique de chlore en solution acétique, le corps cherché se forme effectivement; mais malgré de nombreuses recristallisations, il renferme toujours de l'acide benzotétronique non transformé (2). Pour obtenir la substance (I) à l'état pur, il est nécessaire d'opérer en présence d'un excès de chlore gazeux, et dans ces conditions, il se forme secondairement un produit de dégradation polychloré de couleur jaune, à odeur d'iodoforme, dont la structure a dû être déterminée à part. Traité par la soude en solution aqueuse, ce dérivé se décompose en dégageant du dichlorométhane reconnaissable à son odeur caractéristique. En acidifiant ensuite la solution obtenue, il apparaît un précipité qui, après recristallisation, peut être identifié avec l'acide dichloro-3.5 salicylique, à la fois par son point de fusion et par le point de fusion mélangé. Ces faits nous permettent d'attribuer au produit polychloré la formule (II) qui est en accord également avec les résultats de l'analyse élémentaire. Sa formation s'explique dans le schéma ci-après.

La vérification de cette structure devait se faire par une transposition de Fries appliquée au produit de condensation du chlorure de dichloracétyle sur le dichlorophénol-2.4.

Malheureusement, cette opération a échoué, ce qui n'est d'ailleurs pas étonnant depuis que D. S. Tarbell et P. E. Fanta (3) ont montré que les esters des phénols-2.4 disubstitués sont incapables de subir la transformation de Fries. L'action du chlore sur l'acide benzotétronique est donc la seule méthode permettant de préparer l'hydroxy-2 dichloro-3.5 ω-dichloracétophénone (II).

(1) P. Meunier, C. Mentzer et Ng. Buu-Hoï, *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 27, 1945, p. 191-194.
(2) P. Meunier, C. Mentzer et Mlle A. Vinet, *Helv. Chim. Acta.*, 29, 1946, p. 1291-1297.
(3) *J. Am. Chem. Soc.*, 65, 1943, p. 2169-2174.



L'action physiologique de ces deux substances chlorées, qui se comportent bien comme des antivitamines K, a été déjà décrite dans une précédente publication ([4]).

Partie expérimentale. — *Hydroxy*-2 *dichloro*-3.5 *ω-dichloracétophénone* $C_8H_4O_2Cl_4$. — 4^g d'hydroxy-4 coumarine ont été dissous dans 50^{cm^3} d'acide acétique. La solution obtenue, après avoir été traitée par 4^g de chlore gazeux, a été exposée pendant 3 heures à la lumière du jour à une température de 10 à 15°. Les 4/5 du solvant ont été ensuite évaporés sous vide, et le résidu a été versé dans 500^{cm^3} d'eau glacée.

Après agitation énergique, on a obtenu un précipité qui, après dessiccation et recristallisation dans le chloroforme, se présente sous forme de cristaux jaunes à odeur d'iodoforme fondant à 70°.

Analyse. — Cl trouvé, 51,10 % ; Cl calculé, 51,8 %.

Acide dichloro-3.5 *salicylique*. — La cétone chlorée précédente est dissoute dans un excès de NaOH en solution aqueuse à 10 % au bain-marie bouillant; il se dégage du CH_2Cl_2 dont l'odeur est facilement reconnaissable. Quand ce dégagement est terminé, refroidir, filtrer la solution et acidifier avec HCl dilué. Le précipité recristallisé dans l'alcool fond à 222°. Par mélange avec un échantillon d'acide dichloro-3.5 salicylique de structure certaine, il n'y a pas d'abaissement du point de fusion.

Chloro-3 *hydroxy*-4 *coumarine* $C_9H_5O_3Cl$. — La solution aqueuse restante après filtration de l'hydroxy-2 dichloro-3.5 ω-dichloracétophénone brute, est

([4]) P. Meunier et C. Mentzer, *Bull. Soc. Chim. Biol.*, **29**, 1947 (sous presse).

concentrée sous vide jusqu'à apparition d'un précipité incolore. Après essorage et recristallisation dans l'alcool, le corps cherché fond à 217°.

Cl trouvé : 17,6 % ; Cl calculé : 18,06 %.

Le spectre ultraviolet de cette substance est superposable à celui du dérivé bromé correspondant ([2]).

CHIMIE ORGANIQUE. — *Condensations du dibromoxanthydrol.* Note de M. **Jean Bertrand**, présentée par M. Marcel Delépine.

A. Lespagnol et J. Bertrand ([1]) ont montré que la réduction de la 2.7-dibromoxanthone par l'isopropylate d'aluminium conduisait à l'éther isopropylique du dibromoxanthydrol. Ce dernier a pu être obtenu par action de l'acide acétique sur le composé précédent qui conduit à l'ester acétique du dibromoxanthydrol secondairement libéré par hydrolyse alcaline : l'éther isopropylique (F 169°) dissous à chaud dans l'acide acétique cristallisable laisse déposer par refroidissement des cristaux qui ont été identifiés à l'ester acétique du dibromoxanthydrol (F 163-164°), grâce à l'analyse élémentaire et à l'indice de saponification. Ce dernier composé est dissous dans la potasse alcoolique à 2,5 % ; la solution, portée à l'ébullition pendant trente minutes et additionnée de 5 à 6 volumes d'eau, laisse déposer des flocons blancs de 2.7-dibromoxanthydrol.

Nous avons condensé ce composé avec l'urée, le véronal, le gardénal et obtenu des combinaisons fondant respectivement à :

271°	*di*(2.7-dibromoxanthyl) urée
225°-226° ..	*di*(2.7-dibromoxanthyl) diéthylmalonylurée
214°-215° ..	*di*(2.7-dibromoxanthyl) phényléthylmalonylurée

D'autre part, la facilité avec laquelle se forment les éthers du dibromoxanthydrol nous a amené à préparer les dérivés de condensation de ce produit avec des alcools variés. Les combinaisons obtenues en milieu acétique avec les alcools méthylique, éthylique, propylique, butylique normal, isobutylique, benzylique, cinnamique répondant à la formule :

$$O\left\langle {C_6H_3Br \atop C_6H_3Br} \right\rangle CHOR$$

fondent respectivement à :

Éther méthylique	130°	Éther isobutylique	109°
» éthylique	139°	» benzylique	126°
» propylique	107°	» cinnamique	148°
» butylique normal ..	169°		

([1]) *Gallica Pharmaceutica Acta*, 1944, p. 22; *Bull. Soc. ch. de France*, 5e série, **10**, 1943, p. 50.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Condensation du nitrobenzène avec les diamines aromatiques en présence de soude pulvérisée. Préparation des composés aminoazoïques.* Note de M. **Modeste Martynoff**, présentée par M. Marcel Delépine.

Dans une Note antérieure (1) j'ai montré que la condensation des dérivés nitrés avec les alcoyloxy-anilines, en présence de soude, permet de préparer aisément certains oxyazoïques peu accessibles tels que les *o*- et *m*-oxyazobenzènes.

Les présentes recherches ont révélé que les colorants aminoazoïques correspondants peuvent être obtenus d'une manière analogue en remplaçant dans la réaction précédente les alcoyloxy-anilines par des diamines aromatiques. Les conditions opératoires optima restent encore à préciser, mais les résultats, actuels permettent d'appliquer cette méthode à la préparation des monoaminoazobenzènes, en particulier des isomères *o* et *m* qui n'ont été synthétisés jusqu'à ces derniers temps que par des procédés détournés nécessitant plusieurs opérations et faisant appel à une matière première instable, le nitrosobenzène. Ces procédés consistent à condenser le dérivé nitrosé soit avec une monoacidil-phénylène-diamine (2), soit avec une nitraniline (3) et à saponifier ou à réduire, selon le cas, les produits de condensation ainsi formés.

On trouve dans la littérature très peu de données concernant l'action des dérivés nitrés sur les diamines aromatiques. Quelques brevets (4) anciens mentionnent des colorants résultant de la condensation, en présence de soude aqueuse, des acides dinitrostilbènes- et dinitrodibenzyldisulfoniques avec diverses amines parmi lesquelles sont citées certaines diamines aromatiques. Ces colorants contiendraient dans leurs molécules à la fois un groupe azoïque et un groupe azoxyque. Quoi qu'il en soit, des essais réitérés avec le nitrobenzène ont montré que cette technique ne convient pas pour la préparation des aminoazobenzènes. J. B. Crippa (5) a étudié l'action du nitrobenzène sur l'*o*- et la *p*-phénylène-diamine, en présence de carbonate de sodium anhydre. Après 35 heures d'ébullition, l'isomère *o* n'a donné que des traces de 2-aminoazobenzène, tandis qu'avec le dérivé *p* le rendement est d'environ 15 % de la diamine mise en œuvre.

---

(1) *Comptes rendus*, **223**, 1946, p. 747.

(2) C. Mills, *J. Chem. Soc.*, **67**, 1895, p. 927; F. H. Witt, *Ber. d. Chem. Ges.*, **45**, 1912, p. 2382; G. Charrier et A. Beretta, *Gazz. Chim. It.*, **53**, 1923, p. 729; C. Naegeli et A. Tyabji, *Helv. Chim. Acta.*, **15**, 1932, p. 403.

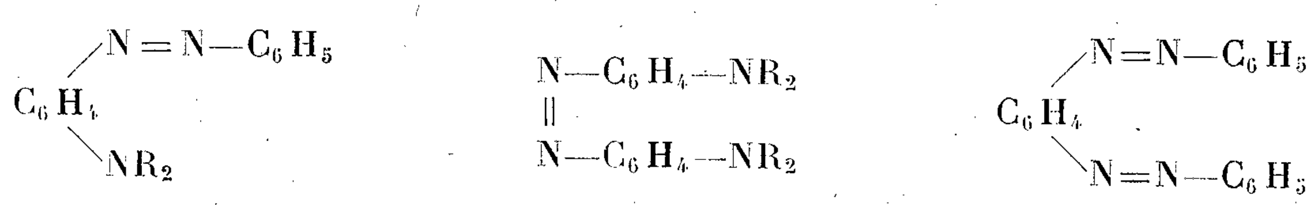
(3) G. Charrier et A. Beretta, *Gazz. Chim. It.*, **54**, 1924, p. 977.

(4) *D. R. P.* nos **100613**, **105057**, **113514** et **117729**, *Frdl.*, **5**, 1897-1900, p. 644 et 647, **6**, 1900-1902, p. 1028 et 1031.

(5) *Gazz. Chim. It.*, **57**, 1927, p. 15; G. B. Crippa et P. Castelli, *Gazz. Chim. It.*, **57**, 1927, p. 621.

En opérant avec de la soude pulvérisée sèche, à plus basse température, j'ai pu améliorer considérablement les rendements en mono-aminoazoïques. Ils varient selon les cas de 46 à 84 % de la diamine employée. Mes essais ont porté sur *o*-, *m*-, *p*-, N.N-diméthyl-*m*- et N.N-diéthyl-*p*-phénylène-diamines.

Dans tous les cas le produit principal de la réaction est constitué par le colorant mono-aminoazoïque (I) (1 mol. de nitrobenzène-1 mol. de diamine), mais on isole souvent de faibles quantités des dérivés diaminés symétriques du type (II) (soudure de 2 mol. de diamine). En outre, avec la *m*- et la *p*-phénylène-diamine non alcoylées on obtient des quantités parfois assez importantes de *bis*-benzénazo-benzène (III) (2 mol. de nitrobenzène-1 mol. de diamine).



(I) (II) (III)

$R = H$, CH_3 ou C_2H_5.

Enfin, il se forme toujours des quantités plus ou moins grandes d'un corps noir insoluble qui semble être un produit d'oxydation et de polymérisation de la diamine.

Le mode opératoire est semblable à celui qui a été déjà décrit pour les alcoyloxyanilines. Le mélange de nitrobenzène (1 mol.) et de diamine (1 mol.) porté à une température variant selon les cas entre 125 et 190°, est additionné peu à peu de soude finement pulvérisée (2,5 à 3 mol.) en évitant tout échauffement excessif. L'introduction dure environ une demi-heure. Pour terminer la réaction, on chauffe encore une demi-heure en agitant continuellement et en maintenant toujours la même température. Cette dernière joue un rôle très important en ce qui concerne la composition du produit final et, partant, le rendement en colorants monoamines. Les matières solubles sont ensuite extraites soit à l'acide chlorhydrique dilué, soit au benzène.

Je n'indiquerai ici que très brièvement les résultats obtenus avec quelques termes en désignant par T la température à laquelle la condensation a été réalisée et par R le rendement exprimé en % du poids de la diamine mise en œuvre.

o-phénylène-diamine : T, 125-130°; R en *2-aminoazobenzène* F 67°, 80 %.

m-phénylène-diamine : T, 130°; R en *3-aminoazobenzène* F 68°, 40 %. On isole en même temps une certaine quantité de *3.3-diaminoazobenzène* F 156° et de *1.3-bis-benzènazobenzène* F 78°. Cet azocarbure se dépose au sein d'acide acétique dilué sous forme de cristaux orangés, solubles dans la plupart des solvants (trouvé N % 19,41; calculé pour $C_{18}H_{14}N_4$, 19,58).

p-phénylènediamine : T, 125-145°; R en *4-aminoazobenzène* F 136°, 84 %. On obtient également du *4.4-diaminoazobenzène* F 242°, du *1.4-bis-benzènazobenzène* F 167°

et une très faible quantité d'un produit F 228°, insoluble dans les acides et dont l'étude est en cours.

N-N-diméthyl-m-phénylènediamine : T 180°; R en *3-diméthylaminoazobenzène* É 214° sous 18^{mm}, 75 %. Huile rouge. (Trouvé N % 18,88; calculé pour $C_{14}H_{15}N_3$ 18,66).

N.N-diéthyl-p-phénylènediamine : T 180-190°; R en *4-diéthylaminoazobenzène* F 92°, 70 %. Il y a également formation d'une quantité notable de *bis-4.4-diéthylaminoazobenzène* F 170°.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Application du pentadiène-1.4 à la synthèse des dihydroxy-3.5 pipéridines substituées à l'azote*. Note de MM. **Raymond Paul** et **Serge Tchelitcheff**, présentée par M. Marcel Delépine.

Sous l'action d'une quantité équivalente de dibromo-N.N-*p*-toluènesulfamide et en solution dans le méthanol anhydre, le pentadiène-1.4 fixe à —10° une molécule d'hypobromite de méthyle, en donnant, avec un rendement de 58 %, le *bromo-1 méthoxy-2 pentène-4* ($É_{10}$ 78°; d_4^{20} 1,284; n_D^{20} 1,4668) :

$$BrCH_2-CHOCH_3-CH_2-CH{=}CH_2.$$

Il semble que dans ce composé la liaison éthylénique ait beaucoup perdu de sa réactivité, car lorsqu'on essaie de fixer, dans les mêmes conditions, une seconde molécule d'hypobromite de méthyle, on obtient avec un rendement de 20 % seulement le *dibromo-1.5 diméthoxy-2.4 pentane* ($É_6$ 120-123°; d_4^{20} 1,624; n_D^{20} 1,5013) :

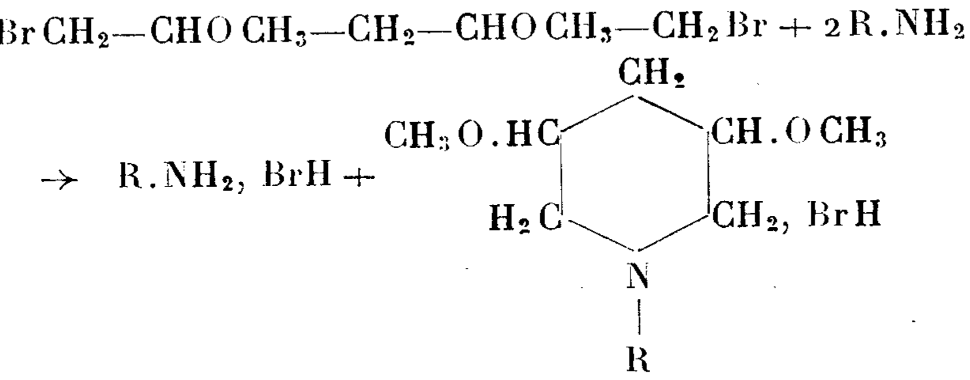
$$BrCH_2-CHOCH_3-CH_2-CHOCH_3-CH_2Br.$$

Au contraire, l'acide perbenzoïque en solution chloroformique, conduit avec un rendement de 85 % au *bromo-1 méthoxy-2 époxy-4.5 pentane* ($É_6$ 92-95°; d_4^{16} 1,415; n_D^{16} 1,4802) :

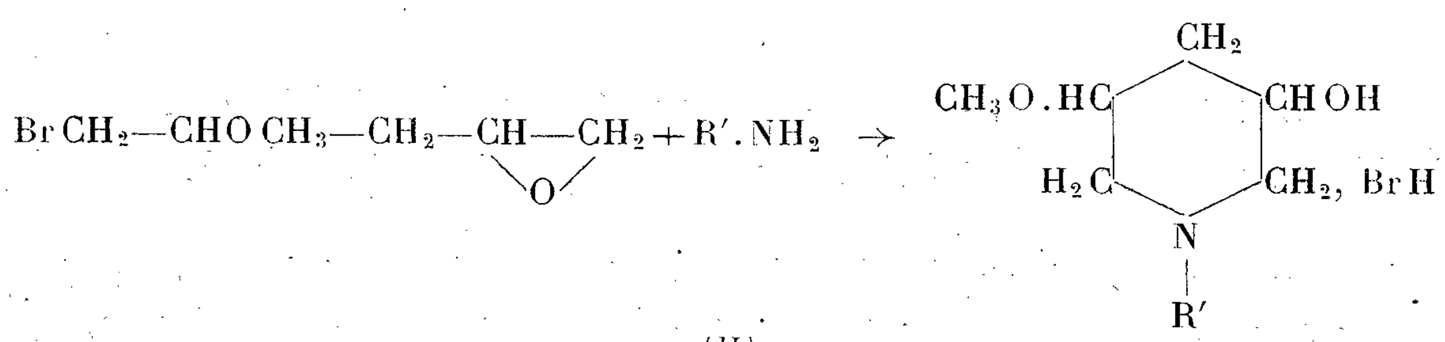
$$BrCH_2-CHOCH_3-CH_2-\underbrace{CH-CH_2}_{O}$$

La condensation de ces deux dernières substances avec les amines primaires constitue une bonne méthode de préparation des dihydroxy-3.5 pipéridines substituées à l'azote et de leurs éthers méthyliques :

$$BrCH_2-CHOCH_3-CH_2-CHOCH_3-CH_2Br + 2R.NH_2$$



(I)



(II)

A partir du dibromo-1.5 diméthoxy-2.4 pentane, nous avons préparé ainsi, avec des rendements de 60 à 70 %, les dérivés suivants (réaction I) :

Méthyl-1 *diméthoxy*-3.5 *pipéridine*, $R = CH_3$ ($É_{15}$ 81°; d_4^{19} 0,962; n_D^{19} 1,4551); *éthyl*-1 *diméthoxy*-3.5 *pipéridine*, $R = C_2H_5$ ($É_{16}$ 95°; d_4^{19} 0,957; n_D^{19} 1,4474); *phényl*-1 *diméthoxy*-3.5 *pipéridine*, $R = C_6H_5$ ($É_6$ 169-170°; d_4^{19} 1,091; n_D^{19} 1,5496).

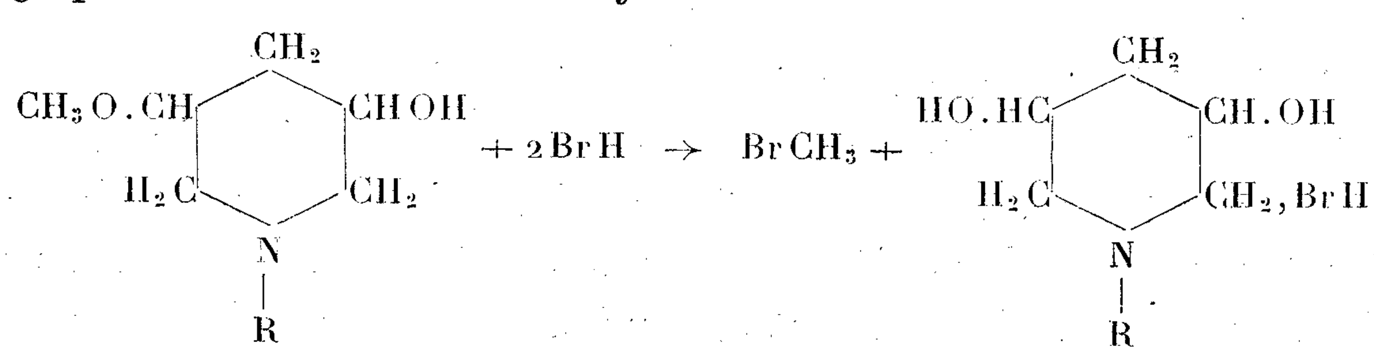
De même, avec le bromo-1 méthoxy-2 époxy-4.5 pentane, nous avons obtenu (réaction II), avec des rendements analogues, les mono-éthers indiqués ci-dessous :

Méthyl-1 *méthoxy*-3 *hydroxy*-5 *pipéridine*, $R' = CH_3$ ($É_6$ 105-107°); $d_4^{19,5}$ 1,026; $n_D^{19,5}$ 1,4689).

Éthyl-1 *méthoxy*-3 *hydroxy*-5 *pipéridine*, $R' = C_2H_5$ ($É_6$ 112-114°; $d_4^{19,5} = 1,014$; $n_D^{19,5} = 1,4704$).

Phényl-1 *méthoxy*-3 *hydroxy*-5 *pipéridine*, $R' = C_6H_5$ ($É_5$ 190-192°; $d_4^{18} = 1,180$; $n_D^{18} = 1,6074$).

Ces éthers, en particulier les monoéthers, peuvent être déméthylés par chauffage avec la quantité calculée d'acide bromhydrique, en solution dans l'acide acétique anhydre, vers 100-110°. La réaction est terminée lorsqu'il ne se dégage plus de bromure de méthyle



On a préparé de cette façon :

La *méthyl*-1 *dihydroxy*-3.5 *pipéridine* $R = CH_3$ ($É_8$ 151-153°; d_4^{19} 1,104; n_D^{19} 1,4964); l'*éthyl*-1 *dihydroxy*-3.5 *pipéridine* $R = C_2H_5$ ($É_4$ 136-137°) cristallisant de l'acétone en prismes fusibles à 121°. Ce composé reste facilement en surfusion, ce qui nous a permis de déterminer ses constantes réfractométriques (d_4^{23} 1,070; n_D^{23} 1,4919).

La constance de son point de fusion après une série de cristallisations nous fait présumer que nous avons affaire à un seul des deux isomères stéréochimiques prévus par la théorie.

Nous ne pouvons en dire autant des autres composés de la série, faute d'avoir pu en préparer des sels (picrate, chlorhydrate, etc.) ou des dérivés (benzoates, phényluréthanes) bien cristallisés.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur un isomère de l'éphédrine.*
Note de M. **Pierre Fréon** et M^{lle} **Suzanne Ser**, présentée par M. Paul Pascal.

L'un de nous a montré que les isonitroso-cétones de la série grasse réagissent avec les dérivés organo-magnésiens mixtes, en donnant les oximino-alcools correspondants ([1]).

Nous avons appliqué cette réaction à la préparation d'un isomère de l'éphédrine, dans lequel la fonction alcool est tertiaire, et la fonction amine primaire, l'amino-3 phényl-2 butanol-2

$$C_6H_5-\overset{\displaystyle OH}{\underset{\displaystyle CH_3}{C}}-\underset{\displaystyle NH_2}{CH}-CH_3$$

Partant de la méthyléthylcétone, nous l'avons nitrosée selon les indications d'Olivier ([2]), à l'aide du nitrite d'éthyle. Nous avons obtenu ainsi, avec un rendement de 60 à 70 %, l'isonitroso-méthyléthylcétone

$$CH_3-C(=NOH)-CO-CH_3.$$

La condensation magnésienne a été effectuée avec le bromure de phénylmagnésium, dans les proportions suivantes

Isonitroso-méthyléthylcétone...........	33^g,7	(1/3 mol.)
Bromure de phényle...................	157	(1 mol.)
Magnésium...........................	24	(1 atome-gr.)

Un excès de dérivé organo-magnésien est nécessaire, le groupement =NOH, acide, détruisant une molécule de bromure de phényl-magnésium. Une agitation mécanique est nécessaire pendant la condensation, le complexe magnésien formé étant insoluble dans l'éther. Après la réaction, nous avons porté à l'ébullition, au bain-marie, pendant 5 heures. La décomposition du complexe magnésien a été commencée par l'eau et terminée par l'acide acétique dilué (1/3 mol.). Après extraction à l'éther, lavage de la solution éthérée au bicarbonate de sodium, séchage sur sulfate de sodium et distillation de l'éther, il reste 72^g d'un produit solide, fondant vers 104°, et qui représente l'oximino-alcool

$$C_6H_5-\underset{\displaystyle CH_3}{C}(OH)-\underset{\displaystyle CH_3}{C}=NOH,$$

mélangé d'un peu de biphényle.

([1]) P. Fréon, *Comptes rendus*, **200**, 1935, p. 464; *Ann. de Chimie*, **11**, 1939, p. 453.
([2]) *Bull. Soc. Chim.*, 4^e série, **51**, 1932, p. 99.

Après cristallisation dans le tétrachlorure de carbone, on obtient 45^g du produit pur, fondant à 106° et représentant un rendement de 70 à 75 %.

L'oximino-alcool ainsi obtenu a été soumis ensuite à l'hydrogénation catalytique, en présence de nickel de Raney, dans les conditions suivantes :

$C_6H_5-C(OH)(CH_3)-C(=NOH)-CH_3$..........	$17^g,9$ ($1/10^{mol}$)
Alcool à 95°....................................	200^{cm^3}
Nickel de Raney (solution commerciale contenant le nickel en suspension..............................	40^{cm^3}

Après 5 heures d'agitation, en atmosphère d'hydrogène, sous la pression normale, $4^l,5$ d'hydrogène sont absorbés. Après filtration du nickel et distillation de l'alcool dans le vide, il reste 14^g d'un produit extrêmement visqueux, très peu coloré, qui ne cristallise pas, même après plusieurs jours, et que nous n'avons pas pu faire cristalliser jusqu'ici. Il représente l'amino-alcool attendu, assez pur.

Chlorhydrate. — A partir de $13^g,5$ du produit visqueux précédent, dissous dans 75^{cm^3} d'alcool absolu, et additionné d'acide chlorhydrique concentré, jusqu'à réaction acide, on obtient, par refroidissement, 6^g environ de chlorhydrate. Les eaux-mères, par concentration, donnent environ autant de produit cristallisé.

Le rendement pour l'ensemble des deux opérations, à partir de l'oximino-alcool : hydrogénation en amino-alcool et passage au chlorhydrate, est donc de 65 %.

Après recristallisation dans l'alcool absolu, le chlorhydrate de l'amino-3 phényl-2 butanol-2 fond vers 244-245°, avec légère décomposition.

MINÉRALOGIE. — *Emplacement des ions échangeables dans la montmorillonite.* Note de M. **Stanislas Teichner**, présentée par M. Paul Pascal.

La montmorillonite, laissée en présence de l'air humide, contient des quantités importantes d'eau, dont une partie est de l'eau adsorbée et l'autre, $2H_2O$ par maille, est l'eau de constitution correspondant à la formule $2[Al_2O_3, 4SiO_2, H_2O]$. Hendricks et ses collaborateurs (¹) admettent que dans l'eau adsorbée, il convient de distinguer deux fractions. L'une, plus fortement fixée, correspond à l'hydratation des ions. Le reste est simplement retenu par les forces de Van der Waals.

Il nous a été possible de confirmer cette conclusion de Hendricks par l'étude des vitesses de désadsorption sous vide élevé (10^{-4} mm/Hg) de l'eau contenue dans la montmorillonite naturelle (calcique) et dans une montmorillonite sodique obtenue en traitant la terre calcique par un acide dilué, puis en neutralisant la

(¹) S. B. Hendricks, R. A. Nelson et L. T. Alexander, *J. Am. Ch. Soc.*, **62**, 1940, p. 1457.

terre acide formée par la quantité de soude calculée à partir de la capacité d'échange.

En effet, à 180° C., les deux substances perdent progressivement toutes les molécules d'eau qu'elles contiennent à l'exception de l'eau de constitution. Jusqu'à 280° la déshydratation sous vide ne peut progresser plus avant ([2]).

Par contre la désadsorption sous vide à la température ambiante entraîne une perte d'eau plus faible qu'à 180° et la limite atteinte est différente selon qu'il s'agit de la terre calcique ou de la terre sodique. La première conserve alors, en plus de l'eau de constitution, trois molécules d'eau par ion calcium échangeable, et la seconde une seule molécule d'eau par ion sodium. C'est seulement vers 90° que, sous vide, ces quantités d'eau restante commencent à s'évaporer. Il apparaît donc une relation très nette entre la nature de l'ion échangeable et la rétention de l'eau sous vide à la température ordinaire.

On sait que la détermination de l'isotherme d'adsorption d'azote à —195° C. est une méthode efficace de mesure des surfaces spécifiques pour les substances poreuses et finement divisées ([3]). Cette méthode, appliquée aux deux montmorillonites après désadsorption à 20° et à 180°, nous a fourni les résultats suivants, en admettant l'empilement compact des molécules d'azote.

	Surfaces spécifiques en m²/g.	
Température de déshydratation	20° C.	180° C.
Montmorillonite calcique	48	52
Montmorillonite sodique	13,6	88

Les surfaces sont très inférieures à celles qu'on déduit de l'adsorption *totale* de l'eau ([1]) qui sont de 700 ou de 800 m²/g, selon qu'on admet l'empilement compact ou un enchaînement hexagonal des molécules d'eau. Mais celles-ci s'insèrent pour la plupart entre les feuillets, grâce à leur polarité, alors que les molécules d'azote ne se fixent que sur la surface externe des particules élémentaires constituées par un empilement des feuillets plans parallèles.

Sauf pour la montmorillonite sodique déshydratée sous vide à 20°, les surfaces du tableau ci-dessus sont pratiquement égales à celles qui ont été calculées par J. Mering ([4]), à partir des isothermes d'adsorption d'eau *à l'extérieur des feuillets*.

L'adsorption d'azote sur la montmorillonite calcique est à peu près la même, que ce produit soit, à l'exception de l'eau de constitution, déshydraté totalement ou non. Au contraire, l'influence de l'eau restante est considérable dans le cas de la montmorillonite sodique. La présence de cette eau réduit de 88 à 13,6 m²/g la surface accessible à l'azote. Or, cette quantité d'eau recouvre

([2]) M^me^ Glaeser (communication personnelle) a obtenu les mêmes résultats.

([3]) S. Brunauer, P. H. Emmett et E. Teller, *J. Am. Ch. Soc.*, 60, 1938, p. 309.

([4]) Communication personnelle de l'auteur.

elle-même une surface d'environ 70 m^2/g et son départ libère une surface sensiblement égale. Il semble que l'azote ne s'adsorbe que sur la fraction de la surface externe non occupée par l'eau d'hydratation des ions sodium. Ces ions se trouveraient donc à la surface externe accessible à l'azote. Au contraire, l'eau d'hydratation des ions calcium ne gêne pas l'adsorption d'azote sur la terre calcique, et son départ ne libère pas de nouvelles portions de la surface externe. Les ions calcium seraient donc situés entre les feuillets sur des surfaces internes inaccessibles à l'azote, qu'elles soient ou non recouvertes d'eau.

Ces positions différentes des ions échangeables sodium et calcium peuvent s'expliquer facilement. La réaction d'échange s'effectuant en solution aqueuse, les ions s'entourent de molécules d'eau dont le nombre augmente quand diminue le rayon atomique de l'ion ([5]). Il se peut alors que la position d'énergie minimum de l'ion dans la montmorillonite soit celle qui correspond à la position qu'occupe entre les feuillets l'ion calcium, de grand rayon, donc peu hydraté. Le grand nombre de molécules d'eau qui entourent l'ion sodium beaucoup plus petit, peut doter cet ion d'un rayon effectif assez grand pour l'empêcher de s'insérer entre les feuillets qui ne paraissent pouvoir s'écarter que de l'épaisseur de quatre couches monomoléculaires d'eau ([4]).

Les positions différentes des ions calcium et sodium peuvent expliquer les différences observées par Hendricks ([1]) dans ces diagrammes d'analyse thermique différentielle des terres alcalines et alcalino-terreuses.

Enfin, si les surfaces externes des deux montmorillonites déshydratées à 180° ne sont pas les mêmes, il faut sans doute l'attribuer au traitement acide susceptible de réduire le nombre de feuillets constituant les particules primaires, donc d'augmenter la surface spécifique.

GÉOLOGIE. — *Observations géologiques sur le Stéphanien de la concession de Saint-Germain (Haute-Saône).* Note ([1]) de M. **Gilbert Mathieu.**

Les affleurements de Stéphanien productif de Mourière, Ronchamp, Champagney, se complètent par les résultats positifs du sondage de Froideterre à l'ouest de la bande de Ronchamp. La ligne Giromagny-Ronchamp-Mourière-Montessaus-Lantenot correspond au bord nord d'un assez vaste bassin houiller dont le flanc sud est limité par le Massif dévonien du Saulnot, près d'Héricourt, et du Salbert, près de Belfort.

Les sondages les plus anciens du nord de Saint-Germain ont montré une ou deux veines de houille sous une couverture de 225^m à 290^m de Permien. Le sondage de Froideterre a traversé 530^m de Permo-Trias pour rencontrer un riche

([5]) G. Wiegner, *J. Soc. Ch. Ind.*, 50, 1931, p. 65 T et 103 T.

([1]) Séance du 10 décembre 1947.

faisceau de cinq veines de houille ayant respectivement, $0^m,75$, 1^m, $2^m,78$, $0^m,42$ et $1^m,34$ d'ouverture.

Le sondage de La Coulonge à $2^{km},500$ à l'est de la ville de Lure (le long de la voie ferrée de Belfort) est descendu jusqu'à 1168^m sans rencontrer de couches très épaisses avec plus de 800^m de couverture de Permien et de Trias.

Les carottes de ces sondages, conservées au Château de Franchevelle (Haute-Saône), furent jetées aux déblais à la suite de l'incendie du Château par les allemands en septembre 1944. Cela constitue évidemment une grande perte pour la science. Néanmoins, avec le concours de M. Egermann, ingénieur principal aux Mines de Ronchamp, j'ai pu étudier 69 carottes avec étiquettes provenant des huit sondages mélangés. Ceci me permet d'annoncer avec certitude les faits suivants :

A. *Pétrographie.* — Il est facile dans les sondages de reconnaître les roches et les faciès du Houiller de Ronchamp. On y observe le schiste noir à végétaux macérés comme au puits Arthur de Buyer (sondages de La Coulonge), les poudingues du toit de la deuxième veine, les grès et poudingues talqueux.

Enfin, j'ai reconnu de toute évidence la formation dite de transition, c'est-à-dire la grauwacke verdâtre supposée Namurienne (2) qui, ici, renferme des débris végétaux.

L'observation essentielle, c'est qu'à Belfort j'ai pu examiner une carotte de grès talqueux avec l'étiquette *Sondage de Froideterre profondeur* 581. Le grès talqueux caractéristique du faisceau inférieur de Mourière se trouve au-dessus des cinq veines de houille de Froideterre. A la base, on a le terrain de transition, parfois rubéfié, noté par erreur comme Permien sur certaines coupes communiquées par le Service des Mines de Dijon.

Le faisceau de Mourière, qui ne donne à Ronchamp qu'une ou deux couches de charbon à forte teneur en cendres et très pyriteuses, passerait donc à l'Ouest de l'autre côté de la butte triasique du Mont de Vannes à un riche gisement.

La houille du Bassin de Saint-Germain a été considérée comme ayant une forte teneur en cendres, plutôt schiste que houille, d'après M. J. Desrousseaux (3). Remarquons que l'analyse porte sur l'ensemble des veines barrées de schiste, sur le *tout venant* recueilli dans les sondages, tandis que les échantillons de houille conservés dans des bocaux à Belfort indiquent une belle qualité de charbon.

Immédiatement au toit du faisceau de Froideterre à $694\text{-}697^m$, il existe une roche très voisine, sinon identique aux *Tonstein* du Bassin houiller sarro-

(2) GILBERT MATHIEU, *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 1016.

(3) J. DESROUSSEAUX, Bassins houillers et lignitifères de France. *Statistique. Industrie minérale*, Paris, Imprimerie Nationale, 1938, p. 77.

lorrain. Ce n'est pas un argument suffisant pour réunir à l'Ouest le bassin sarro-lorrain, connu jusqu'à *Gironcourt*, près de Mirecourt, au bassin franc-comtois de Lure. Une crête granitique doit exister suivant une direction Ouest-Est depuis Fontaine-les-Luxeuil jusque vers Chalindrey, où le granite ressort directement sous le Keuper, à Bussières-les-Belmont (Haute-Marne). Le même processus de lessivage de massifs granitiques sous climat humide, qui aboutit à des dépôts d'argiles kaoliniques cryptocristallines (4), s'est fait aussi bien dans la sédimentation houillère de la Sarre au Nord, que dans celle de Lure au Sud.

J'en tire deux conclusions, le Bassin de Ronchamp, où le Tonstein est inconnu, s'approfondit à l'Ouest, puisque le Tonstein marque une phase d'inondation dans la Sarre. Les *Tonstein* ou *Pseudo-Tonstein* de Lure (concession de Saint-Germain) sont d'âge Stéphanien inférieur, comme celui de la veine Wahlschied en Sarre, alors que la majorité sont Westphaliens en Sarre et en Lorraine (sondage de Mont-sur-Meurthe, profondeur de 1123^{m}).

B. *Paléontologie.* — L'ensemble de la flore des sondages de Froideterre et de la Coulonge est d'âge Stéphanien (les autres sondages sont éliminés car les profondeurs indiquées sur les étiquettes excèdent 500^{m}). Citons : *Asterophyllites equisetiformis* Schlotheim; *Calamites Cisti* Brongniart; *Annularia sphenophylloïdes* Zenker (en abondance); *Pecopteris dentata* Brongniart; *Pecopteris cyatheoïdea* (fructifiés); *Pecopteris* (*Sphenopteris*) *Sterzeli*, Zeiller; *Pecopteris* cf. *arborescens* Schlotheim; *Cordaïtes lingulatus* Grand'Eury.

Au sondage de la Coulonge à 1000^{m} de profondeur, le schiste est pétri d'empreintes d'*Annularia sphenophylloïdes* Zenker; à 1070^{m},85 on note *Pecopteris polymorpha* Brongniart.

Conclusions. — La flore fossile de la concession de Saint-Germain est bien d'âge Stéphanien (*a priori*, on aurait pu penser à du Westphalien). Nous ne savons pas si les veines peu épaisses et écartées de La Coulonge sont les mêmes que celles du faisceau très serré de Froideterre. On peut supposer que, comme à Ronchamp, les veines dessinent la *queue de cheval* vers le Sud en se divisant dans le stérile.

Par contre, en s'amincissant vers l'Est, le faisceau de Froideterre doit passer à celui de Mourière. Dans ce cas, il y a transgression vers l'Est de l'étage, dit intermédiaire, de Ronchamp sur l'étage, dit inférieur, de Mourière.

Compris entre les grès et poudingues talqueux au toit et les terrains dits de transition, grauwacke verdâtre et poudingue de transition (Namurien) au mur, le faisceau de Froideterre représente, selon toute vraisemblance, le *Stéphanien inférieur*.

---

(4) PIERRE PRUVOST, Bassin Houiller de la Sarre et de la Lorraine. Étude des *Gîtes Minéraux de la France*, 1934, p. 19 à 32.

GÉOLOGIE. — *Sur le Bassin houiller de Sainte-Foy-l'Argentière (Rhône).* Note de MM. **Marcel Thoral** et **Jean Louis**.

A une vingtaine de kilomètres à l'Ouest-Sud-Ouest de Lyon, dans la haute vallée de la Brévenne, le petit bassin houiller de Sainte-Foy-l'Argentière s'étire sur 11^{km} de longueur, de Viricelles à Sainte-Foy, avec une largeur moyenne de 2^{km}. Il se présente comme une dépression couverte de prairies, encadrée de collines moins fertiles, exceptionnellement boisées. La rivière le suit dans presque toute sa longueur, plus près de la limite méridionale à cause de la disposition des couches en synclinal dissymétrique.

Le substratum est essentiellement constitué par les chloritoschistes de la Brévenne qui, dans l'ensemble, plongent vers le Nord-Ouest; localement ils passent à des amphibolites; ailleurs, ils sont lardés de filons de microgranite. Les traces de mouvement tangentiels n'y sont pas rares : les roches tectonisées ou mylonitisées abondent, principalement vers le Sud-Ouest. Ainsi le bassin de Sainte-Foy s'est formé sur une région faible de la chaîne hercynienne, comme le veut la loi jadis énoncée par P. Termier.

Le remplissage s'est effectué par des apports locaux fluviatiles ou torrentiels, de calibre moyen ou fin, bien roulés. On y retrouve la série houillère banale : poudingues, arkoses et grès arkosiques, schistes argileux et charbon. Mais, ici, on ne connaît ni *brèche* ou gros conglomérat de base, ni schistes francs. On peut penser que les chloritoschistes étaient trop friables pour donner les dalles d'autres bassins. En outre, on sait que les granites fournissent généralement des éléments plutôt fins.

Les poudingues et les arkoses dominent à la base mais la majeure partie du remplissage est assurée par une alternance de bancs gréseux et de schistes argileux et aussi d'argiles schisteuses si peu évoluées que, dans les niveaux moyens et supérieurs, on les a largement exploitées comme terre à brique.

A l'est du bassin, dans la partie inférieure, la houille forme deux faisceaux irréguliers; le supérieur est seul exploité. La flore, pauvre, est très mal conservée. Cependant, on notera, au voisinage de la principale veine houillère, l'abondance des *Cordaïtées* à feuilles larges, ce qui est en faveur de l'opinion de Grand'Eury : le faisceau houiller est du Stéphanien supérieur.

Plus haut, dans un banc de grès arkosique, nous avons récolté de nombreux *Dadoxylon* dont quelques-uns portent des anneaux indiquant une croissance saisonnière. Comme, d'après Grand'Eury, le Stéphanien de la Loire serait plus riche en *Dadoxylon* que le Permien d'Autun, il ne nous est pas possible, en l'état actuel de notre information, de dater exactement les couches supérieures de Sainte-Foy. La série paraît continue, mais aucun fossile ne permet d'affirmer l'existence du Permien inférieur, suggérée seulement par l'abondance des argiles schisteuses colorées.

La tectonique paraît simple. Les côtés Nord-Ouest, Sud-Est et Sud-Ouest sont limités par des failles verticales ou subverticales, observables au moins en une

douzaine de points. D'abord orientées respectivement NE-SW et N-S, elles se recourbent légèrement vers l'Ouest dans leur partie occidentale. La terminaison Nord-Est du bassin est moins nette. Il est possible que l'on y ait une combinaison d'accidents verticaux et de limite sédimentaire. Dans l'ensemble, le bassin se présente donc comme une touche de piano accrochée à son extrémité Nord-Est et légèrement enfoncée vers le Sud-Ouest.

Dans l'intérieur du bassin, de semblables accidents directionnels ont été reconnus dans les travaux de mines, malheureusement localisés au Nord-Est, dans la concession de Sainte-Foy; leur rejet varie de quelques mètres à 30 mètres pour le plus important (?) d'entre eux dit *rejet de cent pieds*. Il existe également des accidents Sud-Est et Nord-Ouest moins bien connus

Sur une coupe transversale, le bassin se présente comme un synclinal dissymétrique, haché de failles longitudinales de faible rejet. L'aile Nord-Ouest plonge régulièrement sous un angle de 15° à 18°, tandis que l'aile méridionale est quelquefois relevée à 65° (ruisseau des Ogiers), voire à la verticale (près du Santange). Cette disposition a déterminé le glissement de la Brévenne près de la limite Sud du synclinal houiller. Les failles bordières sont souvent jalonnées par un remplissage de quartz et de barytine, comme de très nombreuses fractures du Beaujolais.

Sur une coupe longitudinale, on observe également une disposition en berceau dissymétrique. Au Nord-Est, les couches s'inclinent de 13° à 22° vers l'Ouest. Dans la partie médiane, d'après ce qu'on peut observer dans les glaisières de Souzy, le plongement Est-Ouest devient très faible ou nul. Enfin, près de Meys, à l'extrémité Sud-Ouest, les couches se relèvent vers l'Ouest sous un angle atteignant de 25° à 40°. L'ombilic est donc décalé vers le Sud et l'Ouest. Malgré la couverture de prairies, on croit suivre les poudingues et les schistes argileux rouges de base; ils forment une sorte de calotte subelliptique de grand axe Sud-Ouest-Nord-Est, fortement relevée sur son bord Sud et tronquée par les failles bordières. Ces affleurements doivent dessiner la vraie forme de la cuvette houillère.

Au total, le Bassin houiller de Sainte-Foy est le reste d'un synclinal de direction varisque, établi sur une zone faible, rempli de Stéphanien supérieur, déformé dans une phase hercynienne tardive, et dont la structure d'ensemble reproduit, à une échelle réduite, celle du bassin de Saint-Étienne. Ce dernier étant situé à une vingtaine de kilomètres à vol d'oiseau au Sud-Ouest, dans une dépression homologue de la chaîne hercynienne, le contraire eût été surprenant.

GÉOLOGIE. — *Sur la genèse des calcaires noduleux et des lydiennes à nodules phosphatés de la Montagne Noire (Hérault)*. Note de M. **Bernard Gèze**.

Les calcaires noduleux du Dévonien moyen, surtout du Dévonien supérieur (marbres griottes) et du Viséen inférieur (calcaires à *Prolecanites*), ainsi que les lydiennes à nodules phosphatés du Tournaisien terminal ou du Viséen très

inférieur, ont été généralement considérés comme caractéristiques d'une sédimentation en eau relativement profonde.

A la suite des travaux de R. Böhm [1] et de M. Thoral [2], il est cependant permis d'avoir des doutes pour les calcaires noduleux. L'abondance des Goniatites et des Clyménies, qui ont surtout attiré l'attention en raison de leur valeur comme *fossiles caractéristiques*, ne doit pas faire oublier que les griottes renferment aussi, et en bien plus grande quantité, des Encrines, des Polypiers, des Brachiopodes, des Lamellibranches, des Gastéropodes, des Ostracodes, des Trilobites, le plus souvent en débris. Des plaques minces m'ont même montré des petits galets calcaires, ce qui, avec l'observation faite par R. Böhm de surfaces corrodées et de nombreuses discontinuités, prouve une sédimentation troublée, probablement de faible profondeur, dans la zone néritique de la *marge continentale*.

La couleur rouge de la vase calcaire reliant les nodules, ainsi que les croûtes ferrugineuses qui ne sont pas rares dans ces niveaux, font en outre penser à l'apport d'argiles latéritiques, provenant des formations superficielles d'un continent peu éloigné.

La lacune du Tournaisien inférieur, immédiatement avant le dépôt des lydiennes à Radiolaires et nodules phosphatés *en eau très calme, vraisemblablement profonde*, pose ensuite un problème difficile que L. Cayeux [3] a proposé de résoudre par une interruption de sédimentation, sans émersion. Mais cela n'explique pas le motif du changement de type de sédiment et ne convient plus après ce que nous venons de voir pour le Dévonien; aussi, la question me paraît-elle faussée par l'idée de grande profondeur, sans doute erronée pour ce niveau, comme pour les précédents.

En effet, l'interruption de sédimentation me semble bien correspondre à une émersion, pendant laquelle des cavités karstiques se seraient développées dans les calcaires du Dévonien supérieur. Il n'est d'ailleurs pas démontré que la lacune ait été de très longue durée, car la série dinantienne commence par une passée de schistes sans fossiles, antérieurs aux lydiennes. La partie inférieure du Tournaisien serait alors seule absente et la discontinuité serait à peine plus longue que celles qu'on a déjà observées dans le Dévonien supérieur.

De plus, il convient de souligner que le régime de formation de nodules calcaires du Dévonien supérieur se poursuit avec les nodules des lydiennes, dont les premiers formés sont calcaires, les suivants seulement phosphatisés, et se retrouve identique dans les nodules à *Prolecanites* du calcaire viséen inférieur,

---

(1) *Étude sur les faunes du Dévonien supérieur et du Carbonifère inférieur de la Montagne Noire*, Montpellier, 1935.

(2) *Cycles géologiques et formations nodulifères de la Montagne Noire* (*Nouv. Arch. Museum Hist. Nat. Lyon*, **1**, 1946).

(3) L. Cayeux, *Les phosphates de chaux sédimentaires de France* (*Mém. Carte géol. Fr.*, **1**, 1939, p. 82).

faits qui tous semblent s'opposer absolument à l'idée d'une mer brusquement approfondie pour le seul dépôt des lydiennes.

Le véritable problème restant alors à résoudre est celui de l'origine de la silice qui a permis la pullulation des Radiolaires, donc le dépôt des lydiennes, entre Tournaisien supérieur et Viséen inférieur.

A cet égard, il n'est pas inutile de remarquer que des formations comparables, du Morvan et des Vosges par exemple, sont étroitement liées à des tufs ou des coulées de roches éruptives variées. Il est permis de penser, ainsi que pour les Radiolarites et les *roches vertes* des Alpes, que cette association n'est pas fortuite et que celles-ci expliquent celles-là.

Or, j'ai reconnu que la Montagne Noire ne fait pas exception et qu'on y rencontre effectivement des roches éruptives dinantiennes : granites et porphyrites très riches en apatite ([4]). D'ailleurs, bien que les gisements primitifs ne soient pas reconnaissables, en raison des complications tectoniques, il convient de remarquer que les lydiennes sont précisément développées dans les zones proches des affleurements volcaniques actuels, tandis que, lorsqu'on s'éloigne d'eux, elles se fondent progressivement dans les schistes et disparaissent totalement.

En définitive, je crois qu'il y a eu dans la Montagne Noire, pendant le Dévonien supérieur et le Dinantien, une période de grande instabilité sédimentaire, avec oscillations du fond de la mer, fréquentes mais de faible ampleur, allant jusqu'à une émersion de caractère eustatique au cours du Tournaisien inférieur. Les sédiments furent presque constamment des calcaires noduleux, sauf pendant le Tournaisien supérieur-Viséen inférieur, où, le début d'une phase volcanique ayant sensiblement enrichi les eaux marines en silice dont pouvaient disposer les Radiolaires et en phosphate de chaux provenant de l'apatite, les concrétions noduleuses devinrent phosphatées et se formèrent au sein de lydiennes.

GÉOLOGIE. — *Sur les phases tectoniques de l'Estérel.*

Note de M. **Pierre Bordet**, présentée par M. Charles Jacob.

Le lever de la Carte géologique de l'Estérel au 1/20 000 m'a permis de mettre en évidence l'existence dans cette région d'une importante phase orogénique permienne.

La région étudiée ([1]) s'étend de la Napoule à l'Est jusqu'à Gonfaron à l'Ouest, sur une longueur d'environ 55^{km} et une largeur maxima de 15^{km}.

([4]) *Comptes rendus*, **225**, 1947, p. 1163.

([1]) Renseignements topographiques des cartes au 1/50000, feuilles de Cannes, Fréjus, Draguignan, Collobrières.

1. J'ai pu établir une coupe stratigraphique détaillée du Permien dans la vallée du Reyran (²). J'ai suivi de part et d'autre les variations de cette coupe et j'ai mis en évidence un fait qui semble avoir échappé jusqu'ici : c'est le morcellement extrêmement poussé de la série permienne, par plusieurs centaines de failles à faible rejet et disposées sans aucune régularité; une orientation générale grossièrement Est-Ouest se dégage pourtant de cet ensemble.

Ces failles affectent principalement les coulées volcaniques peu épaisses; elles semblent s'amortir dans les séries sédimentaires encaissantes. En plusieurs points on remarque pourtant des accidents de style extrusif. Cette structure faillée du Permien se retrouve de la Napoule jusqu'au sud de Vidauban, partout où une stratigraphie peut être établie.

L'effort orogénique a, de plus, redressé localement la série permienne à plus de 46° et jusqu'à 70° au nord de Boulouris.

2. L'Estérellite (microdiorite quartzifère) forme une série de laccolites superposés, régulièrement interstratifiés dans la série stratigraphique permienne et qui ont été inclinés et brisés avec elle.

3. Le synclinal stéphanien du Plan de la Tour se prolonge au Nord de la dépression permienne par celui de Pennafort.

La bande granitique du Plan de la Tour se prolonge par le massif de granite à cordiérite situé à l'ouest de Saint-Paul-en-Forêt (³).

Ces accidents du socle, ainsi que le synclinal stéphanien du Reyran, sont à l'origine d'une série de failles sensiblement Nord-Sud qui affectent le Permien, et localement, avec un rejet très faible, le Trias inférieur.

4. La faille qui borde au Sud la dépression permienne entre Roquebrune et le Muy a joué dès le Permien, car elle contient une brèche rhyolitique (⁴). La faille Nord-Est-Sud-Ouest qui passe derrière Roche-Rousse au sud-ouest du Muy a, elle aussi, servi de passage à une éruption rhyolitique.

Je n'ai pas d'argument positif pour dater les failles qui bordent au Sud le bassin des Arcs et celui du Luc, mais je pense qu'elles sont du même âge.

5. J'ai étudié en détail le Trias de la corniche qui limite au Nord la dépression permienne entre Saint-Paul-en-Forêt et Gonfaron sur 45$^{\text{km}}$. Ce Trias repose en discordance stratigraphique, indifféremment sur le socle cristallin ou sur le Permien. Sa discordance angulaire avec le Permien est bien visible dans les régions de Bagnols-en-Forêt, Pennafort et Vidauban.

Un repère stratigraphique précis est fourni par le contact entre les grès bigarrés et les marnes et cargnieules de la base du Muschelkalk : ce repère est presque horizontal. Mise à part la faille Est-Ouest qui limite au Sud le synclinal secondaire du Luc, on n'y relève que trois ou quatre petites failles Nord-Sud et des flexures locales qui ne dépassent guère une vingtaine de degrés. Les failles à grand rejet du Permien n'affectent pas cette régularité, même lorsqu'on peut les suivre jusqu'au voisinage du Trias.

6. Pourtant on peut mettre en évidence un rejeu notable post-triasique de certains accidents : affaissement du Trias de Bagnols, surrection de l'extrémité occidentale de la Colle du Rouet, etc.

(²) *Comptes rendus*, **218**, 1944, p. 415.

(³) P. Bordet, *Observation sur le Permien des environs de Roquebrune sur Argens, Var* (*C. R. Soc. Géol. Fr.*, 1943, p. 63).

(⁴) Je n'ai étudié, dans le bassin du Luc, que les deux bordures Nord et Sud ainsi que la région rhyolitique située au Sud de Vidauban.

De ces faits on peut conclure, je pense, ceci :

1. Le Permien a été affecté par une orogénie anté-triasique importante (phase saalienne de Stille), d'orientation sensiblement Est-Ouest et donc à peu près perpendiculaire à la direction hercynienne indiquée par les synclinaux stéphaniens (NNE-SSW).

Elle fait suite à une série de légers mouvements contemporains de la sédimentation permienne, et orientés déjà Est-Ouest.

2. Cette orogénie a affecté un ensemble situé au voisinage de la surface topographique d'alors et formé de couches plastiques enfermant des couches plus rigides; sous l'effort, celles-ci se sont brisées en nombreux fragments irréguliers.

3. Cette phase orogénique a été suivie d'un nivellement presque complet avant le début du Trias.

4. L'Estérellite, interstratifiée dans le Permien, et affectée par cette orogénie, est donc antétriasique.

5. *Dans cette région,* les phases orogéniques postérieures, phase pyrénéenne en particulier, n'ont que peu affecté le socle antétriasique. Les mouvements tardifs qu'on y remarque paraissent être, soit des bombements à grand rayon de courbure, soit des rejeux d'accidents hercyniens ou permiens.

6. L'orogénie pyrénéenne, dont l'action a été dominante dans la Provence calcaire, n'a donc affecté que la couverture secondaire et tertiaire : un décollement dont les traces sont bien connues, s'est produit dans le Trias suivant le processus que l'on constate en beaucoup d'autres régions.

GÉOLOGIE. — *Sur l'existence de houilles permiennes dans les Indosinias inférieures de la vallée du Song Ca (Nord-Annam).* Note (¹) de M. **Jacques Fromaget**, présentée par M. Charles Jacob.

Appelé à reconnaître un gisement de charbon dans la vallée du Song Ca, à 30^{km} environ en aval de Cua Rao, j'eus la surprise de constater que les renseignements fournis jusque-là sur les charbons prospectés ne devaient pas concerner ce gisement. En effet, on ne connaissait dans cette région que des lignites tertiaires et non de véritables houilles à usages industriels.

Le gisement en question est situé sur la rive droite d'un petit affluent de gauche du Song Ca, le Khe Mu, à 300^{m} environ de son confluent, lui-même situé à 2^{km} en amont de Khe-Bo.

Dans cette région, le Song Ca traverse un important lambeau de Tertiaire plissé, dirigé W-N-W, coincé dans des formations beaucoup plus anciennes principalement anthracolithiques que j'ai dénommées, en 1927, *Complexe*

(¹) Séance du 12 décembre 1946.

grésoschisteux souvent lustré de l'Anthracolithique (²) et que j'ai rangées plus tard à la base de formations continentales à grande extension géographique auxquelles, par analogie avec les Angaras et les Gondwanas, j'ai donné le nom d'*Indosinias* (³). C'est dans ces Indosinias inférieures que se trouve le gisement visité.

Actuellement les recherches portent sur deux couches A et B, exploitées, la première en galerie, la deuxième à découvert.

La couche A se trouve à 200^m environ au Nord-Est du village de Huon-Mu; elle a 2^m de puissance; sa direction est sensiblement Est-Ouest, et son pendage est de 70 à 80° vers le Sud.

La coupe relevée à ses abords est la suivante du Sud au Nord :

1° Grès quartzites micacés à quartz nourris;

2° Schistes séricíteux, roses, très laminés, contenant des amygdales étirées de quartzite à grain fin et de la limonite;

3° Schistes gris satinés, micacés, à débris de végétaux et assez fortement laminés;

4° Couche de charbon de 2^m, interrompue brusquement à son mur par un accident subvertical qui la met en discordance au contact d'une zone de terrains très disloqués;

5° Schistes et grès à grain fin et débris de tourmaline. Dans cette partie de la coupe se voit un filon de quartz très tourmenté.

La couche B a une direction sensiblement Nord-Sud, c'est-à-dire perpendicnlaire à la précédente, avec une inclinaison moyenne de 30° vers l'Ouest. Sa puissance réelle est de 6 à 7^m; en affleurement, elle forme une bande de 12^m environ.

Bien que située au Nord de la couche A et à moins de 100^m d'elle, il ne semble pas y avoir de relations entre ces deux couches, en raison de l'accident qui les sépare.

La coupe de ce gisement se présente donc ainsi, du Sud-Ouest, au Nord-Est :

1° Épaisse série de schistes bruns avec débris de plantes parmi lesquelles figurent des feuilles de *Gigantopteris* sp. ;

2° 6 à 7^m de charbon ;

3° Schistes argileux brun-noir avec nombreux débris de plantes ;

4° Quartzites micacés à quartz nourris, mica noir et tourmaline verdâtre, passant à une petite brèche de quartz nourris avec ciment ferrugineux et micacé ;

5° Brèche ou conglomérat bréchoïde, formée de fragments de formes très irrégulières de quartzites à grain fin, de lydiennes et de quartzites micacés voisins de la formation 4° ;

6° Zone broyée.

Les formations reconnues dans la coupe B sont les mêmes que celles de la coupe A; elles n'en diffèrent surtout que par des détails et les épaisseurs. Toutefois, alors que dans la coupe A se montrent des grès et des schistes présumés dévoniens (couches 5), dans la coupe B apparaît à la base une sorte de conglomérat qui pourrait être à la fois un ancien poudingue de base et une brèche tectonique.

Dans cette coupe B, le fait le plus intéressant se trouve dans l'existence de *Gigantopteris* sp., genre connu dans la partie permienne des Angaras de Chine

(²) *Bull. Serv. Géol. Indochine*, **16**, 1927, p. 2.

(³) J. Fromaget et F. Bonelli, *Comptes rendus*, **195**, 1932, p. 538, et J. Fromaget, *Bull. Serv. Géol. Indochine*, **62**, 1941, p. 2.

et dans les Indosinias inférieures au Nord (4) et au Sud-Ouest (5) de Phong-Saly.

Les accidents relevés dans les deux coupes sont sensiblement parallèles et paraissent appartenir à la série de dislocations qui ont occasionné la formation du fossé du Song Ca, fossé qui, à tous égards et avec la même origine, est comparable à celui du Fleuve Rouge.

Les charbons. — Dans la galerie (couche A), la verticalité de la couche a dérangé le combustible, qui a pris un aspect fluidal et contient de nombreux plans d'écoulement lisses et très contournés ; par ailleurs, le charbon est léger, brillant sur toutes ses cassures qui présentent souvent des irisations.

Dans le découvert (couche B), le charbon est léger, plus ou moins brillant, plus fragile au milieu de la couche et près du mur qu'aux abords du toit.

Dans l'ensemble, ces charbons sont très homogènes, bien qu'un peu plus riches en matières volatiles dans le découvert (moyenne 13,1) que dans la galerie (11,8). Ce sont des houilles demi-grasses, très voisines par leur composition du *Charleroi* dont on trouvera ci-après quelques analyses à titre de comparaison.

	Charbon de Khe Bo (%) (6).				Charleroi (%) (7).	
		Découvert				
	Galerie (%).	au-dessus du mur.	au-dessous du toit.	au milieu.	Meurant-Marcinelle.	Montceau-Fontaine.
Humidité	1,7	1,5	1,4	1,3	1,8	2,9
Matières volatiles	11,8	12,4	13,5	13,5	11,0	10,9
Cendres	5,3	4,2	8,1	3,3	7,5	7,7
Carbone	81,2	81,9	77,0	81,9	–	–
Soufre total	1,8	2,9	4,5	1,4	–	–
Pouvoir calorifique	7992	8153	7977	8306	7929	7809
Coke			pulvérulent			

PHYSIQUE ATMOSPHÉRIQUE. — *Contribution à l'étude des précipitations.* Note de M. **Georges Dady**, présentée par M. Henri Villat.

Les théories des précipitations atmosphériques se sont jusqu'ici partagées entre la coalescence directe, Kohler (1), Wigand et Schmauss (2),

(4) *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 341.

(5) Renseignement inédit de M. Saurin qui a récemment découvert ces formations permiennes.

(6) Analyse du Laboratoire du Service des Mines, M. Lade, directeur. *Bull. d'analyse* n° **11207**, 21 juin 1944.

(7) E. Gruner et G. Bouquet, *Atlas général des Houillères*, 2e partie, p. 27.

(1) *Geofis. Publik.*, **2**, 1922, p. 6.

(2) *Die Atmosphäre als Kolloid*, Brunswick, 1929.

Frankergerber ([3]), qui explique la formation des gouttes de pluie par la réunion des gouttelettes du nuage, et la coalescence indirecte, Bergeron ([4]) qui donne à la vapeur d'eau un rôle prépondérant dans le grossissement des gouttes. Cette Note a pour objet de montrer que la coalescence directe ne peut être qu'un phénomème exceptionnel.

Nous avons procédé à la formation artificielle de brouillards, dans un caisson de 30^{m^3}, approximativement isotherme, soit par pulvérisation d'un jet liquide, soit par une détente quasi adiabatique. La dimension des gouttes est contrôlée au microscope à la sortie du pulvérisateur par leur capture mécanique sur un support approprié; le diamètre moyen est de 4^{μ}, la courbe de répartition, en fonction du diamètre, est à bord brusque du côté des petites gouttes, et décroît jusqu'à 15^{μ} de l'autre côté.

Nous avons examiné individuellement les gouttes au microscope à l'intérieur du volume du caisson. Le microscope permettait d'observer un volume cylindrique de $0^{mm},2$ de rayon et de 10^{μ} de profondeur. Pour ne pas troubler les phénomènes, nous avons veillé à ce que ce volume ne soit pas au voisinage d'une paroi et pour faciliter l'observation nous avons amorti la turbulence à l'aide de grilles.

Les observations ont porté, au total, sur un temps de l'ordre de 10 heures. Bien que le nombre de gouttes par centimètre cube et leur vitesse moyenne soient variables au cours de l'évolution du brouillard, on peut, par l'observation, sinon mesurer ces quantités, du moins apprécier leur grandeur.

Un calcul simple emprunté à la théorie cinétique des gaz, permet de connaître le nombre N de collisions par unité de volume et par unité de temps :

$$\mathrm{N} = n^2 s^2 \bar{c}\,\frac{\pi}{\sqrt{2}},$$

où n est le nombre de gouttes par centimètre cube, s le rayon d'une goutte, $\bar{c}$ la vitesse moyenne d'une goutte. Mais en réalité le nombre que nous apprécions est le nombre ν de gouttes coexistant dans le champ du microscope; si nous appelons r le rayon du volume observé et d la profondeur de champ, nous pouvons écrire : $n = \nu/\pi r^2 d$. L'évaluation de la vitesse s'effectue en appréciant le temps moyen qu'une goutte met pour traverser le champ du microscope.

$$\bar{c} = \frac{2r}{\tau}.$$

Nous obtenons de là le nombre de collisions $\mathfrak{N}$ par seconde pouvant s'effectuer dans le champ d'observation

$$\mathfrak{N} = \frac{\nu^2 s^2 \sqrt{2}}{r\,d\tau}.$$

([3]) *Ann. der Hydr.*, 10-11, 1931, p. 353-363 et 398-403.

([4]) *Proc. Verb. U.G.G.I.*, Lisbonne, 1933.

Comme, en moyenne, $\nu = 5$, $s = 2.10^{-4}$ cm, $r = 2.10^{-2}$ cm, $d = 10^{-3}$ cm, $\tau = 1$ seconde, on devrait observer une collision en 40 secondes et s'il y a coalescence une confusion de deux trajectoires pendant ce même temps.

Or nous n'avons jamais pu observer une seule fois ce phénomène. Nous avons toutefois constaté très souvent, avec une période de l'ordre de la dizaine de secondes, le croisement de deux trajectoires. Ces croisements ne sont évidemment pas tous réels, mais aucun n'a pu mettre en évidence la coalescence.

Pour appuyer cette expérience et développer cette idée, nous avons comparé la persistance des brouillards d'eau et d'huile. Les dimensions des gouttes contrôlées à la sortie du pulvérisateur étaient du même ordre de grandeur que celles de l'eau. Pour le liquide volatil, la persistance du brouillard est environ 300 fois plus grande.

Il faut conclure que le brouillard d'huile est disparu, après l'amortissement lent de la turbulence, par un effet de sédimentation; d'ailleurs les surfaces horizontales sont seules mouillées d'huile à la fin de l'expérience. Tandis que les gouttelettes d'eau ont disparu par évaporation ou par une sédimentation accélérée par l'évaporation.

Ces quelques expériences militent donc, dans la tentative d'explication des précipitations atmosphériques, en faveur des théories qui font intervenir des effets d'évaporation et de condensation à l'intérieur d'un nuage plutôt que celles qui impliquent un phénomène mécanique de choc.

MÉTÉOROLOGIE. — *Théorie de certaines ondes courtes de la tropopause.* Note de M. **Paul Queney**, présentée par M. Charles Maurain.

La théorie présentée ici est le développement des résultats donnés sommairement dans une Note précédente [1]. Le problème dont il s'agit est la recherche des ondes libres adiabatiques et lentes d'un courant atmosphérique zonal permanent dans lequel :

a. La stabilité hydrostatique $s = (g/\theta)(\partial\theta/\partial z)$ (g, gravité; θ, température potentielle; z, altitude) a une valeur uniforme s_1 dans la troposphère S_1 et une autre valeur uniforme et supérieure s_2 dans la substratosphère S_2;

b. La vitesse u du courant vers l'Est est une fonction linéaire de l'altitude, $u = u_s + \gamma z$, u_s étant une constante et le coefficient γ ayant également des valeurs uniformes γ_1 et γ_2 dans S_1 et S_2 respectivement (normalement on a $\gamma_1 > 0$ et $\gamma_2 < 0$), ce qui exige un gradient horizontal de température dans chacun des milieux, et une légère pente de la tropopause, d'ailleurs négligeable dans les calculs.

Par ondes lentes, nous entendons des ondes dont la pulsation par rapport au courant de base est petite comparée à f, paramètre de Coriolis. Si l'on se

(1) *Comptes rendus*, **225**, 1947, p. 584-585.

limite aux ondes à propagation zonale, telles que la perturbation locale δp de la pression soit donnée par une expression de la forme

$$\delta p = \sqrt{\rho}\,P(z)\cos k(x - ct),$$

où ρ désigne la densité, x l'élongation vers l'Est, t le temps, et où k (nombre d'onde) et c (vitesse de phase, éventuellement csmplexe) sont deux constantes, on trouve que dans chacun des milieux S_1 et S_2 la fonction $P(z)$ doit vérifier une équation de fonction hypergéométrique confluente,

$$\frac{d^2P}{d\zeta^2} - \left(\frac{1}{4} + \frac{\alpha}{\zeta}\right)P = 0$$

avec

$$\zeta = 2\mu\left(z + \frac{u_s - c}{\gamma}\right), \qquad \alpha = \frac{a}{2\mu\gamma}, \qquad \mu^2 = \frac{s}{f^2}k^2 + \overline{m}^2,$$

a et $\overline{m}$ étant deux paramètres, constants dans chaque milieu, de l'ordre de 10^{-9} et 10^{-6} C. G. S. respectivement. On trouve d'autre part, pour expression du déplacement vertical Δz,

$$\Delta z = \frac{-1}{\sqrt{\rho s}}\left[\frac{dP}{dz} + \left(m - \frac{2\mu}{\zeta}\right)P\right],$$

m étant une autre constante du même ordre de grandeur que $\overline{m}$.

En écrivant que δv et Δz sont continus sur la tropopause $z = z_0$, considérée comme une surface fluide, et que Δz est nul au sol et à l'infini, on obtient une relation entre k et c, qui fournit l'équation de dispersion des ondes; mais cette équation n'est pas simple en général, puisqu'elle fait intervenir c dans l'argument de fonctions hypergéométriques. Les résultats sont simples, toutefois, dans les milieux extrêmes $\alpha \gg 1$ et $\alpha \ll 1$, le premier correspondant à des ondes de Rossby généralisées, satisfaisant approximativement à l'équation de dispersion $c = u - (\beta/k^2)$ (β étant le gradient Nord-Sud de f) et intéressant toute l'épaisseur de la troposphère, le second étant ce qu'on peut appeler le cas des ondes courtes ($\gamma k \gg 10^{-11}$ C. G. S., de façon précise), et étant plus particulièrement l'objet de cette Note.

Si $\alpha \ll 1$, on peut supprimer α dans l'équation en P, et $\overline{m}$ dans l'expression de μ, d'où la solution simple

$$P_1 = P_0 \exp\frac{\sqrt{s_1}}{f}k(z - z_0), \qquad P_2 = P_0 \exp\frac{-\sqrt{s_2}}{f}k(z - z_0)$$

et l'équation de dispersion

$$u_0 - c = \frac{f}{k}\left(\frac{\gamma_1}{s_1} - \frac{\gamma_2}{s_2}\right)\Big/\left(\frac{1}{\sqrt{s_1}} + \frac{1}{\sqrt{s_2}}\right),$$

l'indice 0 désignant la valeur d'un élément au niveau de la tropopause, et les indices 1 et 2 étant relatifs aux milieux S_1 et S_2 respectivement.

Les principales caractéristiques des ondes correspondantes sont les suivantes :

a. Les ondes sont stables;

b. Leur propagation est essentiellement régie par la discontinuité du rapport γ/s sur la tropopause, et l'écart $u_0 - c$ est proportionnel à la longueur d'onde, et non pas au carré de la longueur d'onde comme pour les ondes de Rossby;

c. L'amplitude des ondes est maxima près de la tropopause et décroît à peu près exponentiellement de part et d'autre, plus vite au-dessus qu'au-dessous, de sorte que le mouvement n'atteint pratiquement pas la troposphère inférieure; l'amortissement est inversement proportionnel à la longueur d'onde, comme pour la houle océanique courante;

d. Le déplacement vertical Δz est en phase avec δp, et le rapport $\Delta z_0/\delta v_0$ est proportionnel à k;

e. Le déplacement Δy vers le Nord, très supérieur à Δz, est également en phase avec δp, et le rapport $\Delta y/\Delta z$ est indépendant de k; le mouvement est d'ailleurs très sensiblement géostrophique, de sorte qu'il n'y a qu'un très faible glissement sur la tropopause, de l'ordre de $\Delta y_0/100$;

f. La variation locale δT de la température, due surtout au déplacement horizontal, est normalement en phase avec δp dans la troposphère, en opposition de phase dans la stratosphère.

Si l'on adopte les valeurs numériques suivantes (en C. G. S.) : $s_1 = 1,3.10^{-4}$; $s_2 = 4,4.10^{-4}$; $\gamma_1 = 2.10^{-3}$; $\gamma_2 = -2.10^{-3}$; $f = 10^{-4}$; $k = 3.10^{-8}$ (longueur d'onde $= 2000^{km}$ environ), on trouve : $u_0 - c = 4,9$ m/s; $\Delta z_0/\delta p_0 = 0,12$ km/mb; $\Delta y_0/\Delta z_0 = 4.10^3$; $\delta T_0/\delta p_0 = 1°,8$ C/mb et $-3°,2$ C/mb, dans S_1 et S_2 respectivement.

On ne peut pas manquer de rapprocher tous ces résultats des propriétés des perturbations d'altitude localisées près de la tropopause, qui ont été signalées par divers aérologistes, et en particulier tout récemment par V. Mironovitch (2).

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE. — *Présence de sols polygonaux et striés dans les Pyrénées françaises*. Note de MM. **André Cailleux** et **Pierre Hupé**, présentée par M. Emmanuel de Martonne.

On sait (1) que les sols polygonaux sont caractérisés par la disposition des plus grosses pierres suivant le pourtour de cercles ou de polygones dont le centre est occupé par des parties plus fines. On les observe, à l'époque actuelle, dans les régions arctiques (Spitzberg, Islande, etc.), dans les monts de Norvège au-dessus de 1200^m (Finse) et dans les Alpes (2) au-dessus de 2500^m. La disposition polygonale a été expliquée en évoquant soit la pression

(2) *Thèse*, éditée par la Météorologie Nationale, Paris, 1947.

(1) Emm. de Martonne, *Traité de Géographie physique*, 5e éd., Paris, 1932-1935.

(2) Maurice Gignoux, *Un bel exemple de « sol polygonal » dans les Alpes françaises* (*Bull. Soc. Scient. du Dauphiné*, 56, 2 planches, Grenoble, 1936).

latérale (³) de la glace qui cristallise dans le sol, soit sa poussée verticale (⁴), soit enfin les mouvements de convection qui s'établissent dans la couche superficielle lors du dégel estival (⁵). Quant à la disposition striée souvent observée sur les pentes, on l'attribue à l'action conjointe des facteurs précédents et de la pesanteur.

Dans le cadre des études préliminaires à l'expédition que M. Paul-Émile Victor doit prochainement conduire au Groenland, nous avons été amenés à rechercher des sols polygonaux et striés dans les Pyrénées. Nous les avons trouvés dans la région d'Orédon, commune d'Aragnouet (Hautes-Pyrénées).

Là, à 1^{km} au nord du Pic de Campbieil, entre les cotes 2700 et 3000 environ, sur pentes de 0 à 27°, s'observent, par essaims discontinus, des sols polygonaux et striés. Les sols polygonaux se rencontrent seulement en terrain horizontal ou de pente inférieure à 7°; comme d'habitude, le centre des polygones est formé de parties plus fines; le contour, de pierres plus grossières, en majorité disposées sur la tranche ou verticalement; l'un et l'autre matériel dérivent de l'éclatement par le gel, dont on peut suivre l'effet émiettant à partir des pointements voisins de roche en place (schiste, calcaire, ...). Le diamètre des polygones varie de 12 à 60^{cm}. Il est à peu près constant pour tous les polygones d'un même essaim. Plus il est grand, plus les pierres du pourtour du polygone sont de grande taille, atteignant à l'extrême 10 à 20^{cm}.

Isodiamétriques sur pente de 0° à 1°, les polygones s'allongent parallèlement à la pente et au fur et à mesure que celle-ci augmente. On passe ainsi, parfois sur une distance d'un ou deux mètres, à des sols striés, faits de bandes alternativement fines et grossières, distantes de 10 à 30^{cm}, parallèles à la pente; par places, une anastomose transversale entre deux bandes grossières rappelle la relation originelle avec les sols polygonaux. Le triage est poussé fort loin, au point de donner l'impression que le sol a été hersé.

Bien qu'aucun mouvement ne soit décelable au cours d'une journée, on a l'impression qu'ici, comme en pays arctique, la pesanteur intervient dans la striation. En un point, le matériel d'un sol strié vient, à son extrémité aval, recouvrir un sol polygonal préexistant : il s'est comporté là comme une coulée visqueuse.

Quant au triage et à la disposition des pierres, on serait à première vue tenté de les imputer à la seule fonte des neiges : en effet, les sols polygo-

(³) HÖGBOM, *Einige Illustrationen zu der geologischen Wirkungen des Frostes auf Spitzbergen* (*Bull. geol. Inst. Upsala*, 1908-1909).

(⁴) S. TABER, *Frost heaving* (*Journ. of geol.*, **37**, 1929).

(⁵) K. GRIPP, *Beiträge zur Geologie von Spitzbergen. Abh. d. Naturwiss. Vereins zu Hamburg*, **21**, 1927; K. GRIPP, *Glaziologische und geologische Ergebnisse der Hamburgischen Spitzbergen-Expedition*, 1927; *Ibid.*, **22**, 1929; V. ROMANOVSKY, *Application de la théorie convective aux terrains polygonaux* (*Rev. géogr. phys. géol. dyn.*, **12**, 2, p. 315-327, 13 figures, 2 planches, Paris, 1939).

naux et striés sont fréquents au bord aval, humide, des flaques de neige ou de névé en voie de fusion fin juillet (23-7-1947). Mais ils se rencontrent aussi en amont, jusqu'à 5 à 10^m de la crête reliant les pics de Campbieil et d'Estaragne. Et ils cessent au-dessous de 2600^m, où pourtant la fusion nivale se poursuit. Enfin, vers 2800^m, sur une dalle de roche en place, en pente de 15° environ, fortement écaillée par le gel, et d'où toute la neige a fondu, les fragments, formant une couche de 1 à 10^{cm} d'épaisseur, sont posés pêle-mêle et à plat, et non pas sur la tranche ou dressés comme dans les sols structuraux, plus profonds, du voisinage. Ainsi, le triage et la disposition des pierres dans les sols structuraux ne s'expliquent pas par la seule fusion nivale; dans les Pyrénées, comme ailleurs, ils requièrent l'entrée en jeu d'un autre facteur, lié au gel même du sol.

Nous avons aussi observé des sols striés à 2950^m d'altitude, sur la crête qui, partant du pic de Bugaret, se dirige vers le Nord-Ouest. On y accède aisément par la vallée de Luz, la vallée du Barada et le ravin de Carbounouse. Il est probable qu'on trouvera encore d'autres gisements de sols structuraux dans les Pyrénées; on les recherchera au-dessus de 2600^m, au voisinage de pics dépassant 2900 à 3000^m, sur pentes de moins de 30°, de préférence exposées au Nord, là où le sol n'est pas exclusivement rocheux. Le gisement d'Orédon, facilement accessible et situé seulement à 4 ou 5 heures de marche d'un chalet-auberge, fournit dès maintenant, pour l'étude des sols structuraux pyrénéens, un terrain particulièrement propice.

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE : SPÉLÉOLOGIE. — *Sur la température des eaux souterraines dans les massifs calcaires. — Cas particulier du réseau hydrologique de la Hennemorte (Haute-Garonne).* Note [1] de M. **Félix Trombe**, présentée par M. Emmanuel de Martonne.

La variation de la température en terrain compact, au-dessous des couches superficielles qui restent sensibles aux actions extérieures est, en moyenne, de 1° pour 33 mètres (degré géothermique).

Dans les terrains calcaires, profondément fissurés et perméables à l'air et à l'eau, il ne semble pas que cette variation soit aussi grande.

Dans *un souterrain horizontal*, particulièrement s'il comporte une rivière en activité, la température varie peu en fonction de la distance aux orifices. Le cours d'eau, qui représente une masse thermique très importante, impose, à partir d'une certaine distance des orifices, sa température au souterrain. Pour de très longues cavités dont les parois offrent des surfaces considérables en contact avec l'eau, une variation en fonction de la distance peut néanmoins être observée; elle s'explique parfaitement par un apport thermique du calcaire,

---

[1] Séance du 1er décembre 1947.

suivant un gradient vertical de même origine que celui que l'on observe en terrain compact.

Cependant, les parties les plus profondes *des cavités offrant de grandes dénivellations* présentent, lorsqu'elles sont parcourues par un torrent ou un ruisseau en activité, des différences de température qu'il n'est pas possible d'expliquer par les considérations précédentes. Dans ce cas, en effet, à débit égal des ruisseaux souterrains, la surface d'échange thermique entre l'eau et la roche est, en général, bien plus faible que pour les cavités horizontales.

Réseaux.	Hauteur de chute du torrent souterrain.	Température du réseau supérieur.	Température du réseau inférieur.	Δt expérimental.	Δt calculé (0°,234 par 100m).
Puits Martel (2) Grotte de la Cigalère (Ariège)	450m	1°,8	3°	1°,2	1°,05
Trou du Glaz (3) (nombreux ruisseaux, débits respectifs inconnus) Grotte du Guiers mort (Grande Chartreuse)	300m (moy.)	4° (moy.)	4°,5	0°,5 (env.)	0°,70 (env.)
Grotte de Riusec (4) Lac Bleu (Haute Garonne)	700m	6°	8°	2°	1°,64
Gouffre de la Hennemorte (5) (−250) Hount deras Hechos (Haute-Garonne)	350m	4°	7°	3°	0°,82

Il semble que l'on doive tenir compte, pour expliquer ce cas, du travail fourni par les chutes ou les ruissellements de l'eau souterraine elle-même.

Si nous admettons (ce qui est vrai au bout d'un certain temps de fonctionnement du système) la transformation totale de ce travail en calories et sa récupération par l'eau sous la forme d'une élévation de température, il est facile de calculer que, *indépendamment du débit des cascades souterraines, une chute de l'eau de* 100m *provoque une élévation de sa température de* 0°,234.

Comparons maintenant, pour un certain nombre de grands réseaux souterrains (tableau), les différences de température mesurées et celles que l'on peut calculer en tenant compte de la chute de l'eau entre deux points d'altitude connue.

On voit que les trois premiers exemples vérifient de façon très satisfaisante l'hypothèse précédente. Il n'en est pas de même, par contre, pour le réseau Hennemorte-Hount deras Hechos. L'élévation de température mesurée est plus de trois fois plus importante que celle que l'on calcule.

---

(2) N. Casteret, *Au fond des gouffres*, p. 48 et suiv. Perrin, éditeur, 1936.

(3) P. Chevalier, *Travaux scientifiques du Club Alpin français*, 1, 1939, p. 33 et suiv.

(4) F. Trombe, *Comptes rendus*, 214, 1942, p. 122-124; *Trav. scientifiques du Club Alpin français*, 2, 1943, p. 42 et suiv.

(5) F. Trombe et N. Casteret, *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 760.

L'explication de cette anomalie paraît être l'existence, au delà de l'étroiture terminale du gouffre, d'un vaste réseau de cavités, noyé dans sa plus grande partie, qui prête à des échanges thermiques entre de grands volumes d'eau et des parois calcaires très étendues.

Cette hypothèse est confirmée par la variation du pH des eaux qui s'abaisse de 7,2 à 6,5 et par la dilution extrême que manifeste le colorant (fluorescéine) à la résurgence.

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE, LIMNOLOGIE. — *Sur la physico-chimie des eaux du lac Léman pendant l'été.* Note de M. **Bernard Dussart**, présentée par M. Emmanuel de Martonne.

Les matières dissoutes dans les eaux d'un lac comme le Léman ont trois origines principales :

1° *L'eau des affluents*, qui renouvelle sans cesse la provision de substances minérales nécessaires aux êtres vivants aquatiques;

2° Le peuplement bactérien des *sédiments du fond* du lac, dont les éléments organiques sont plus ou moins minéralisés par les bactéries;

3° Enfin, *l'eau du lac* elle-même, au sein de laquelle une partie des électrolytes participent à des réactions complexes où entrent en jeu les effets du milieu aérien et les produits de la physiologie des organismes vivants.

Seule la première de ces sources de substances dissoutes, sans doute la plus importante quantitativement dans le Léman, est ici considérée. On peut *l'aborder* par l'étude de la conductibilité électrique.

J'ai pu effectuer, jusqu'ici, 357 mesures de conductibilité en 59 stations différentes réparties dans le lac et les principaux affluents de sa rive méridionale : Rhône, Dranse, Foron. Des cartes de répartition ont ainsi pu être dressées [1]. Elles mettent en évidence une baisse notable de la teneur en sels dissous entre 5 et 20^m de profondeur, en particulier suivant un axe longitudinal Est-Ouest dans la partie orientale du lac.

	$\varkappa_{18}$
A. Lac influencé par le Rhône	210.10^{-6}
B. Lac non soumis à l'action du Rhône	240.10^{-6}
C. Rhône à son embouchure	130.10^{-6}

Ces faibles valeurs de A donnent une idée de la direction prise par les eaux du Rhône pour s'épancher dans le Léman. Il s'opère évidemment un mélange des eaux du fleuve avec celles du lac, mais ce mélange n'est que partiel, ce qui permet de suivre assez bien le chemin préférentiel des eaux fluviales dans le Léman.

La répartition verticale des eaux du Rhône ne dépend que de deux facteurs :

---

(1) B. Dussart, *Ann. Stat. Centr. d'Hydrobiologie appliquée*, 2, 1947 (sous presse).

leur température et leur teneur en substances dissoutes, les matières en suspension n'ayant d'influence que près du fond ([2]) où leur dépôt peut être retardé par des phénomènes de turbulence ([3]). Les effets de ces deux facteurs s'opposant en été (basse température et faible teneur en électrolytes), les eaux du Rhône tendent vers une position d'équilibre, et s'étalent vers 10-15^{m} de profondeur, formant un courant principal vers l'Ouest, parallèle à la côte française, à 2^{km},5 au large de celle-ci, tandis qu'un bras secondaire, se dirigeant vers le Nord-Ouest, va longer la côte Suisse de Cully à Morges. Un troisième bras donne naissance à un vaste mouvement cyclonique intéressant toute l'extrémité orientale du lac. Plus à l'Ouest, alors que les eaux mélangées du Rhône se sont largement étalées dans toute la partie centrale du lac, la Dranse donne une physionomie particulière à la partie occidentale du Grand Lac; ses eaux, à l'inverse de celles du Rhône, sont riches en électrolytes ($\chi_{18} = 500.10^{-6}$), mais étant à l'étiage, elles n'occasionnent que des perturbations d'une importance toute relative.

Ces données permettent déjà de préciser la répartition des eaux fluviales dans le Léman en été, en montrant avec quelle lenteur les couches d'eau se mélangent quand les seuls phénomènes de diffusion sont en cause.

Il reste à étudier dans le temps et dans l'espace le cycle des différentes substances dissoutes qui jouent un rôle biologique, et par là, influencent la productivité : O_2, CO_2, chlorures, sulfates, fer, calcium, et surtout phosphates, nitrates et matières organiques ([4]). Ce programme dépasse encore les moyens actuels d'un laboratoire dont l'activité est à ses débuts.

PHYSIQUE SOLAIRE. — *Sur les émissions radioélectriques solaires.* Note ([1]) de M. **Jean F. Denisse**, présentée par M. Jean Cabannes.

On peut montrer ([2]) que les couches basses de la couronne, quand elles sont soumises au champ magnétique d'une tache solaire, deviennent opaques pour les ondes radioélectriques de fréquence voisine de la fréquence gyromagnétique des électrons $\nu = eH/2\pi mc$. Par exemple, à l'altitude $z = 150\,000^{km}$, au-dessus d'une tache solaire où la densité électronique N est voisine de 5.10^{7} électrons par centimètre cube ([3]), on trouve qu'une épaisseur z_0 inférieure à 1^{cm}

([2]) W. Nuemann, *Die Verbreitung des Rheinwassers im Bodensee* (*Int. Rev. Ges. Hydr.*, **36**, 1938, p. 501-530).

([3]) C. H. Mortimer, *The exchange of dissolved substances between mud and water in lakes* (*Journ. of Ecology*, **29**, n° **2**, 1941, p. 280-329 et **30**, n° **1**, 1942, p. 147-201).

([4]) H. W. Harvey, *Recent advances in the chemistry and biology of sea water*, Cambridge, 1945.

([1]) Séance du 10 décembre 1947.

([2]) Denisse, *Annales d'Astrophysique*, **10**, 1947, p. 1.

([3]) Baumbach, *A. N.*, **263**, 1937, p. 121.

est complètement opaque au rayonnement de fréquence $\nu = 60$ mégacycles correspondant à un champ H de 20 gauss. Un tel milieu est le siège d'un rayonnement de fréquence ν de même intensité que celui du corps noir à la température T définie à partir de l'énergie cinétique moyenne W des électrons par la relation $W = 3/2\, kT$ (du moins tant que la masse des électrons n'est pas sensiblement modifiée par la vitesse).

L'émergence de ce rayonnement hors du milieu où il est produit nécessite un gradient important du champ magnétique H qui déplace la fréquence de la bande d'absorption avec l'altitude et permet aux ondes de se propager dans des conditions favorables dans les couches supérieures. On a montré que de telles conditions ne peuvent se produire que si la conductibilité du milieu où se propage la variation du champ magnétique est grande dans une direction perpendiculaire au champ variable. Or la conductibilité d'un milieu ionisé est très faible dans une direction normale à un champ magnétique même peu important; mais s'il se trouve qu'au champ magnétique variable H se superpose un champ magnétique fixe H_1 d'intensité comparable et de direction différente, alors les conditions indiquées précédemment pourront être remplies ([4]).

Considérons, pour fixer les idées, une tache importante ayant $30\,000^{\text{km}}$ de rayon, soit $H_0 = 3600$ gauss le champ au centre au voisinage de la surface du Soleil. Utilisant les données de Chapman ([5]), on trouve qu'à $150\,000^{\text{km}}$ d'altitude, le champ de la tache aura une valeur voisine de 20 gauss. Il se superposera à ce champ H, le champ H_1, champ solaire global dont l'existence a été reconnue par Hale ([6]) et précisée récemment par Thiessen ([7]) : si l'on admet pour ce champ une valeur moyenne de 35 gauss à la surface du Soleil, on peut estimer sa valeur à 20 gauss environ ([5]) à l'altitude de $150\,000^{\text{km}}$. Il peut exister des domaines dépendant de la polarité de la tache et de l'hémisphère considéré où H et H_1 sont opposés, créant les conditions favorables à l'émission des ondes électromagnétiques. Dans les cas où H et H_1 ne sont pas opposés, leur résultante $\vec{h} = \vec{H} + \vec{H}_1$ peut avoir une direction très différente de H et conduire aussi à une grande conductibilité ([4]).

On veut faire remarquer ici que les conditions qui viennent d'être précisées sont aussi favorables à une augmentation considérable de la température cinétique des électrons.

La variation $\overrightarrow{\Delta H}$ du champ de la tache crée, en effet, un champ électrique induit E, perpendiculaire à $\overrightarrow{\Delta H}$ et susceptible d'accélérer les électrons entre

([4]) GIOVANELLI, *Nature*, **158**, 1946, p. 81.
([5]) *M. N. R. A. S.*, **103**, 1947, p. 117.
([6]) *Nature*, **36**, 1935, p. 703.
([7]) *Ann. de Astro. Phys.*, **21**, 1946, p. 181.

deux chocs. L'effet de la composante de E perpendiculaire à $\vec{h}$ est négligeable par suite de l'enroulement des électrons autour du champ $\vec{h}$ résultant. La composante de E, dans le sens de $\vec{h}$, effectue, au contraire, sur les électrons un travail important qui peut augmenter considérablement la vitesse moyenne de ceux-ci en certains points.

On peut obtenir un ordre de grandeur de E en considérant la force électromotrice e induite par la variation de flux dans une surface comparable à celle d'une tache de rayon de $R = 10^9$ cm.

On a

$$e = 2\pi RE = 10^{-8} \frac{\Delta H}{\Delta t} \pi R^2 \qquad \text{ou} \qquad E = \frac{10}{2} \frac{\Delta H}{\Delta t}.$$

Supposons que la tache prise comme exemple ait mis 90 heures pour atteindre les dimensions indiquées, on aura

$$\frac{\Delta H}{\Delta t} = 6.10^{-5} \qquad \text{et} \qquad E = 3.10^{-4}\ \text{volt/cm}.$$

Il ne semble pas impossible d'autre part ([8]) ([9]) d'envisager, pendant des durées de l'ordre de la seconde, des variations brusques du champ magnétique d'une tache, voisines de un centième de sa valeur. On aura alors $\Delta H/\Delta t = 0,2$ pour $H = 20$ gauss et $E = 1$ volt/cm.

A l'altitude envisagée le libre parcours moyen des électrons est de l'ordre de 160^{km}. Entre deux chocs, les électrons sont donc susceptibles d'acquérir des énergies de 5000 eV dans le premier cas et de 16 millions d'eV dans l'autre, beaucoup plus élevées que les quelques dizaines d'électrons-volts qui correspondent à l'énergie moyenne des électrons estimée dans la basse couronne.

L'existence de ces points chauds permettrait peut-être d'interpréter les émissions radioélectriques très intenses et très irrégulières effectivement observées ([10]), ([11]).

ANATOMIE VÉGÉTALE. — *Anatomie des genres* Aromadendron, Elmerillia, Alcimandra, Pachylarnax *et* Kmeria. Note de M. **Paul Ozenda**, présentée par M. Louis Blaringhem.

La plupart des auteurs, à la suite de Bentham et Hooker, ont distingué dans les Magnoliacées (à l'exclusion des deux tribus des Schizandrées et des Wintérées, familles distinctes) cinq genres : *Magnolia, Talauma, Manglieta, Michelia* et *Liriodendron*. Cinq autres genres ont été ajoutés depuis : le premier,

([8]) Menzel, Conférence de Lyon, sept. 1947.

([9]) Kiepenheuer, Publications de l'Institut Fraunhofer, 1946.

([10]) Appleton et Hey, *Phil. Mag.*, 37, 1946, p. 73.

([11]) Pawsey, Payne-Scott et Mac Ready, *Proc. Roy. Soc.*, 190, 1947, p. 357.

Aromadendron, est une ancienne section de *Talauma*, les quatre autres ont été créés par Dandy ([1]). *Kmeria* (espèce unique : *K. Duperreana*) est la seule Magnoliacée connue qui ait des fleurs diclines. Les connaissances actuelles sur l'anatomie interne et l'histologie de ces genres se réduisent à quelques lignes consacrées par Mac Laughlin ([2]) à la structure du bois *d'Aromadendron* et d'*Elmerillia*. Nos observations ont porté sur des échantillons de l'herbier général du Muséum, vus par Dandy, mais incomplets et en particulier pauvres en fleurs.

Anatomie de la tige. — Dans les cinq genres se retrouvent les caractères généraux des Magnoliacées. Le bois forme un anneau complet où les faisceaux ne sont individualisés que vers leur pointe; les rayons médullaires sont nombreux et unisériés. Les vaisseaux sont de faible diamètre, nombreux et disséminés dans le bois; leurs cloisons terminales sont très obliques, et présentent le type scalariforme avec un nombre de perforations compris entre 15 et 25. Les anneaux d'accroissement annuel sont peu visibles chez *Kmeria* et font défaut ailleurs. Le liber forme des faisceaux isolés, séparés par de larges rayons coiffés d'une calotte de fibres (dites *péricycle discontinu*); chez *Kmeria* et *Elmerillia* il contient également des strates fibreuses, comme d'ailleurs chez diverses espèces de *Talauma*, *Manglieta* et *Michelia* et aussi chez toutes les Anonacées. Tout autour des amas scléreux péricycliques, l'écorce interne forme un anneau sclérifié continu, de trois à quatre assises, à cellules isodiamétriques et à plus grand diamètre que les fibres. Le liège se forme dans l'écorce externe; l'écorce moyenne contient en grand nombre, comme la moelle, les cellules à huile caractéristiques de la famille. Enfin la moelle présente des diaphragmes scléreux, également caractéristiques, et se lignifie totalement dans les tiges âgées.

Anatomie de la feuille. — Elle répond dans sa morphologie externe au type général de la famille : elle est entière, lancéolée et pourvue de deux stipules. Le pétiole comprend, comme chez *Magnolia*, un arc dorsal de gros vaisseaux (de 7 à 9), alternant avec d'autres plus petits, et une ligne fasciculaire ventrale, assez variable, complétant l'anneau. Cette disposition se maintient dans ses grandes lignes le long de la nervure médiane. La moelle et l'écorce contiennent aussi des cellules à huile, mais ne présentent qu'une sclérification faible ou nulle. A la face inférieure de la nervure médiane de *Pachylarnax*, l'épiderme est remplacé par quelques assises de liège. Le limbe est variable : la face supérieure présente, sous un épiderme à cuticule épaisse, un hypoderme formé d'une assise collenchymateuse (deux dans la partie centrale du limbe de *Kmeria*) comme chez certains *Magnolia* et *Talauma*. Le mésophylle est bifacial; le tissu palissadique est surtout net chez *Pachylarnax*. Le raccord du pétiole à la tige est peu variable d'un genre à l'autre et se rattache au type général précédemment

([1]) *Kew Bulletin*, 1927, p. 310.
([2]) *Tropical Woods*, 1933, p. 3.

décrit ([3]); le nombre de faisceaux nodaux (non compris le faisceau stipulaire) est de 9 chez *Kmeria* et *Elmerillia* et de 7 dans les autres genres. Leur sortie ne crée pas à proprement parler des *lacunes* dans l'anneau stélique, mais des *rayons foliaires* comblés par du parenchyme ligneux.

Anatomie de la fleur. — Faute de matériel, l'étude a été limitée au pédoncule et au réceptacle fructifère de *Pachylarnax* et de *Kmeria*. Dans ce dernier genre, le pédoncule présente, outre un anneau de faisceaux individualisés mais jointifs, à liber non stratifié mais coiffé des calottes scléreuses habituelles, des faisceaux corticaux concentriques, au nombre de 9, comme les pièces périanthaires qu'ils desservent suivant un plan compliqué et irrégulier. Les carpelles, peu nombreux (5 à 6), sont insérés immédiatement au-dessus, sans aucun espace libre. La fleur mâle contient un réceptacle staminal ovoïde, sans vestige de gynécée. La structure du pédoncule et du réceptacle de *Pachylarnax* est analogue, mais les faisceaux corticaux sont plus nombreux; les carpelles, au nombre de 3 seulement, sont soudés à maturité en une masse ligneuse piriforme.

Par leur anatomie interne, les 5 genres étudiés ici sont donc pratiquement indiscernables des autres Magnoliacées. *Kmeria, Elmerillia* et *Aromadendron* ne sont séparés des *Talauma*, dans lesquels on les avait d'abord placés, que par des caractères de morphologie florale; nous avons aussi montré ([4]) que le fruit des *Elmerillia* est beaucoup plus semblable à celui des *Magnolia* asiatiques et des *Michelia* qu'à celui des *Talauma*. *Alcimandra*, autrefois décrit comme un *Michelia*, en a la structure nodale et le fruit. La position de *Pachylarnax*, décrit et nommé pour la première fois par Dandy, est moins nette; son type nodal le rapproche toutefois des *Michelia*. L'étude résumée ici complète les observations faites précédemment sur les autres Magnoliacées, et l'unité de cette famille en est encore renforcée; en revanche ces 5 nouveaux genres n'apportent pas de précisions supplémentaires sur les rapports des Magnoliacées avec les autres groupes primitifs d'Angiospermes, car ils ne semblent pas renfermer de types de passage vers ces autres groupes.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur le photopériodisme chez quelques Fraisiers.* Note de M. **Pierre Chouard**, présentée par M. Louis Blaringhem.

Depuis plus de trois années consécutives, je soumets une centaine d'espèces de plantes vivaces à des cycles photopériodiques ininterrompus ([1]). Chez ces plantes, une telle prolongation des expériences fait ressortir, entre autres résultats : 1° le comportement de la croissance végétative qui manifeste une adapta-

([3]) *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 1521.

([4]) *Dipl. ét. sup.*, Paris, 1942 (polycopie).

([1]) *Bull. Soc. Bot. Fr.*, **93**, 1946, p. 373; et 12 déc. 1947. *Comptes rendus*, **223**, 1946, p. 1174; *Ibid.*, **224**, 1947, p. 1523.

tion à ces nouvelles conditions; 2° la diversité des comportements de la floraison; 3° la révélation de races physiologiques qui passent inaperçues dans les conditions normales. Les Fraisiers nous donnent un exemple de ce triple résultat et de la complexité des réactions au photopériodisme chez les plantes vivaces.

1° *Croissance végétative.* — J'ai déjà signalé ([2]) que le port des Fraisiers est profondément modifié par le traitement photopériodique : en jours courts, les pétioles sont courts, souvent étalés, les hampes courtes, incluses dans le feuillage; en jours longs, les pétioles sont dressés, très longs, les hampes encore plus longues. Ces remarques restent vraies pour les autres variétés que j'étudie maintenant.

Mais la poussée des stolons révèle le rôle puissant et conjoint du froid et de la durée d'éclairement sur les causes d'allongement. Chez les variétés stolonifères, tant à petits qu'à gros fruits, le transfert sous jours courts de 8 heures, au printemps, de plantes à stolons poussants entraîne l'arrêt total ou presque total de l'allongement des stolons et de l'émission de nouveaux stolons. Mais après plusieurs mois et souvent un an de traitement sous jours courts, la réaction est différente : des stolons repoussent, ils ne sont jamais très longs (20 à 40^{cm}), mais leur allongement est d'autant plus accentué que les plantes sortent d'une période de froid. Au contraire, en jours longs ou continus, l'émission des stolons est renouvelée indéfiniment et leur allongement s'étend sans limite, souvent à plus de 2^{m}; le froid hivernal suspend leur activité, mais n'ajoute rien à leur longueur ou à leur fréquence, au printemps suivant, par rapport aux plantes restées en serre.

D'une manière générale, les jours longs stimulent au plus haut degré la production des facteurs d'élongation; les feuilles ayant grandi en jours longs sont presque inaptes à élaborer ces facteurs lorsqu'on les transfère en jours courts; elles en sont modérément capables si elles se sont développées en jours courts, montrant ainsi une indiscutable adaptation au photopériodisme. Le froid du *repos hivernal* est toujours un agent stimulant à l'élaboration des matériaux prêts à apparaître sous forme de facteurs de croissance. Les Fraisiers nous donnent, par leurs stolons et leurs feuilles, un exemple de telles règles.

2° *Floraison.* — Deux variétés *remontantes* : *Record* (Fraisier hybride à gros fruits) et *Reine des Vallées* (F. à petits fruits, *Fragaria vesca*, sans stolons) sont du type erypériodique (pratiquement *indifférentes*) : Les floraisons se succèdent tous les 2 à 4 mois, aussi bien en jours courts (8 heures d'éclairement) qu'en jours longs (16 heures) ou continus (éclairage de nuit par 75 lux), ininterrompues en serre, interrompues par le froid de l'hiver en plein air.

Par contre, chez *Muscade* (F. à gros fruits non remontant, hybride de F. *Capron*) la floraison est plutôt du type nyctopériodique à héméropériode

([2]) *Comptes rendus*, **217**, 1943, p. 507.

critique élevée, avec intervention, en jours longs surtout, du cycle thermopériodique annuel ; en plein air, floraison incertaine en jours continus, floraison printanière en jours longs, floraison renouvelée en jours courts; en serre, floraison renouvelée environ deux à trois fois par an en jours courts, mais presque suspendue en jours continus.

Chez le Fraisier *des bois* (*F. vesca*), prélevé à l'état sauvage, la floraison est un peu analogue, mais plus diversifiée : en jours courts, en plein air, floraison assez générale en avril, renouvelée chez quelques individus en septembre-octobre; en serre, floraison renouvelée deux fois par an dans la majorité des cas. En jours longs, en plein air, floraison générale au printemps et refloraison automnale de quelques individus. En jours continus, en plein air, floraison vernale assez générale; en serre, floraison suspendue chez quelques individus, se produisant à des intervalles divers (9 mois, 1 an ou plus) chez d'autres.

3° *Race physiologiques.* — Les faits exposés ci-dessus montrent que les Fraisiers remontants et non remontants constituent deux types extrêmes de réponses au photopériodisme chez les Fraisers. Mais le comportement des Fraisiers *des bois* sauvages, qui, dans la nature, ne fleurissent qu'une fois au printemps, révèle ici que les populations sauvages sont, en réalité, de composition complexe quant à leurs réactions vis-à-vis du photo- et du thermopériodisme : chaque individu doit être noté séparément; certains révèlent, en jours courts et surtout en jours longs ou continus, et mieux en serre, une aptitude à la refloraison qui les rapproche des Fraisiers remontants. Or, on sait que les types remontants ont été sélectionnés comme des mutations observées accidentellement dans la nature ou en culture. Le trouble profond apporté par le traitement prolongé sous des conditions photopériodiques définies, fait apparaître ici l'existence de types physiologiques situés comme des maillons entre l'état monochrone (non remontants) et l'état polychrone (remontants). Le photopériodisme prolongé est ainsi un moyen d'analyser l'homogénéité génétique du point de vue physiologique d'une population. Il en résulte aussi, quand on veut étudier le photopériodisme, la nécessité de préciser rigoureusement le type variétal et même clonal du matériel employé.

CYTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Étude cytologique des cultures de Chicorée, après les opérations de prélèvement.* Note de M. **Roger Buvat**, présentée par M. Louis Blaringhem.

Nous avons décrit déjà [1] les transformations réversibles de grande ampleur qui atteignent les chondriosomes et les plastes des cellules de la racine de Chicorée lors du prélèvement des explants. Après ces perturbations, les

---

(1) *Comptes rendus*, **222**, 1946, p. 970 et 1187.

diverses cellules de l'explant qui ne se nécrosent pas subissent une évolution continue, puis certaines catégories conservent, à la suite des repiquages successifs, une structure stabilisée. Il y a lieu de distinguer deux ensembles de catégories de cellules.

1° Les cellules de l'explant *qui ne prolifèrent pas*. A l'obscurité elles présentent quelque temps une structure analogue à celle des cellules correspondantes du tubercule intact. Puis le chondriome, constitué par des mitochondries et des bâtonnets en majorité, s'appauvrit en petits éléments et s'enrichit en longs chrondriocontes, d'aspect hétérogène. Ils paraissent constitués par l'association, bout à bout, de chondriosomes courts. Ces cellules dégénèrent au bout de quelques repiquages, comme d'ailleurs l'ensemble des cultures maintenues à l'obscurité.

A la lumière, les cellules qui ne prolifèrent pas subissent un surcroît de différenciation : les plastes grandissent et deviennent faiblement chlorophylliens, surtout dans les cellules les plus jeunes des parenchymes vasculaire et libérien. Par la suite, cette différenciation mène à un état de sénilité, de dégénérescence. Le noyau devient pycnotique et les chondriosomes sont de plus en plus longs.

2° Les cellules de l'explant *qui prolifèrent* fournissent soit des tissus vasculaires et libériens provenant des zones génératrices néoformées, soit des bourgeons issus de méristèmes primaires néoformés. (Les racines résultent de méristèmes préexistants dans l'explant.) Ces cellules, au contraire de leurs voisines qui ne se divisent pas, se dédifférencient, soit jusqu'au stade méristématique secondaire (1re phase, menant aux zones génératrices), soit jusqu'au stade méristématique primaire (2e phase, menant aux points végétatifs des bourgeons).

a. Les cellules des zones génératrices ont la même structure cytologique que celles du tubercule intact, *que les cultures aient été exposées à la lumière ou maintenues à l'obscurité*. Toutefois, dans les régions où cette zone devient peu active, les chondriosomes sont plus longs. Les cellules qui dérivent de ces zones génératrices se différencient d'une manière analogue à celles qui dérivent du cambium normal, mais leur agencement est plus ou moins anarchique. Dans les premiers temps de la culture, les cellules parenchymateuses externes forment de gros plastes légèrement chlorophylliens à la lumière. Dans les cellules internes, les plastes se différencient très peu. Par la suite, la différenciation des tissus néoformés se réduit; les cultures anciennes sont incolores, sauf les cellules les plus externes, qui peuvent même élaborer de faibles quantités d'amidon, tardivement.

b. Les cellules des points végétatifs ont la structure habituelle des cellules méristématiques primaires. Elles édifient des ébauches foliaires où se produit une *nouvelle différenciation*. Des plastes se développent dans l'épiderme comme dans les tissus internes, et *tant à l'obscurité qu'à la lumière*. Ils ne forment de chlorophylle que dans le second cas, mais il suffit d'exposer quelques heures à

la lumière des cultures développées à l'obscurité pour obtenir le verdissement des bourgeons.

TABLEAU I.

Résumé de l'évolution cytologique des cultures de tissus de Chicorée.

	Prolifération active.	Prolifération nulle ou ralentie.
Tissus néoformés *secondaires* et Tissus anciens éloignés des points végétatifs	Chondriosomes courts Dédifférenciation durable des plastes Pas d'amidon	Chondriosomes longs hétérogènes Différenciation des plastes mais : Pas d'amidon, sauf dans les cultures anciennes.
Tissus néoformés *primaires* et Tissus anciens soumis à leur influence	Chondriosomes très courts Dédifférenciation puis différenciation nouvelle De l'amidon	Chondriosomes courts Changement de différenciation sans régression préalable De l'amidon.

De même que dans le tubercule intact, les diverses cellules de l'explant, avant le premier repiquage, anciennes ou néoformées secondaires, ne présentent jamais d'amidon, à une exception près. Dans certaines cellules, situées au voisinage de la base de jeunes bourgeons, cellules qui ne dérivent pas du point végétatif, mais sont des éléments à peine remaniés de l'ancien tubercule, les plastes élaborent de l'amidon, et ceci *aussi bien à l'obscurité qu'à la lumière*. L'action inductrice du jeune méristème, étudiée par M. Camus, se manifeste donc au point de vue cytologique en modifiant le produit de réserve, habituellement l'inuline, élaboré par ce type de cellules. Elle *oppose* nettement les *tissus secondaires* aux *tissus primaires*, ou soumis à l'influence des points végétatifs.

Ces recherches montrent deux genres d'antagonismes (tableau I) : l'un déjà étudié dans les cultures de tissus animaux, entre la *prolifération* et la *différenciation*, l'autre qui semble avoir été peu remarqué jusqu'ici, entre la longueur des chondriocontes et l'activité physiologique ou prolifératrice des cellules. Nous constatons en effet, d'une manière tout à fait générale, que lorsque des cellules évoluent vers la dégénérescence, elles présentent des chondriosomes de plus en plus longs, de moins en moins nombreux. Ces longs chondriocontes sont hétérogènes et paraissent constitués par l'assemblage, en files, de mitochondries et de bâtonnets qui restent isolés et dispersés dans les cellules actives. De plus, au voisinage des méristèmes primaires néoformés, des cellules, dont la structure ne s'est pas sensiblement modifiée depuis le prélèvement, acquièrent la propriété d'élaborer de l'amidon, alors que les parenchymes secondaires néoformés n'en présentent jamais dans les cultures jeunes.

MYCOLOGIE. — *Recherches expérimentales sur la sexualité des Calocérales.* Note de M. **Yen Hsun Chu**, présentée par M. Joseph Magrou.

L'étude culturale et sexuelle de ce groupe, longtemps délaissée, a été abordée par Vandendries en 1936-1937 sur une seule espèce. Nous nous permettons de citer les passages essentiels du travail qui lui est en partie consacré (1) :

« *Calocera cornea* Batsch. La spore binucléée se partage à maturité, par une cloison transversale, en deux cellules uninucléées qui germent et donnent, chacune, d'abord un symplaste, à multiples noyaux qui se divisent sans être ordonnés en couples. Plus tard des cloisons séparent des cellules uninucléées. Dans les cultures plus âgées, on observe du mycélium à dicaryons, sans anses d'anastomose. L'espèce est donc homothalle... ». Puis, ayant vu que les thalles des cultures monoconidiennes restent indéfiniment uninucléées et que si l'on procède à des confrontations de ces cultures, on obtient, dans certains cas, des thalles diploïdes à dicaryons, Vandendries conclut que, pour constituer le diplonte, il faut une conjugaison préalable entre hyphes des deux haplontes issus de la germination de la spore.

Au cours de nos excursions mycologiques de 1945 à 1947, M. le professeur Kühner, qui avait déterminé la récolte de Vandendries, nous a fait cueillir plusieurs espèces de Calocérales dont six souches de *Calocera cornea*. Après deux ans de recherches, nous sommes surpris de constater que les résultats que nous avons obtenus s'écartent de ceux de Vandendries sur plusieurs points fondamentaux. D'abord, la spore de *Calocera cornea*, comme celle de toutes les autres Calocérales que nous avons étudiées, est bien uninucléée au moment de sa chute. Ce n'est qu'au début de la germination que le noyau se divise en deux; d'ailleurs une cloison ne tarde pas à séparer les deux parties pour former deux cellules uninucléées. Ensuite, les germes qu'émet la spore sont uninucléées dès leur naissance. Nous n'avons jamais vu de symplastes ni chez les autres *Calocera cornea*, ni chez les autres Calocérales. Enfin cette espèce n'est pas homothalle. Non seulement les dicaryons n'existent pas dans nos cultures monospermes, mais encore, masqués par les hyphes conidiennes uninucléés, ils sont très rares dans nos cultures polyspermes. Sans anses d'anastomose et montrant peu de dicaryons en culture, cette espèce s'avérait quelque peu rebelle à l'étude de la sexualité. Heureusement, les repiquages sur sciure de bois (hêtre et sapin mélangés) de mycélium d'origine polysperme ont abouti à la production de fructifications

Nous avons alors effectué, sur le même milieu, les confrontations de dix cultures monospermes et les repiquages de quatorze cultures monospermes de la même souche. Un mois et demi plus tard, des carpophores apparaissent

(1) *Nouveaux aperçus sur la sexualité des Basidiomycètes* (*Comptes rendus*, 204, 1937, p. 1084).

successivement dans certaines confrontations; mais il n'y en a aucun dans les cultures monospermes-témoins. Ayant ordonné les croisements qui ont fructifié, nous avons obtenu un tableau de tétrapolarité typique. *Calocera cornea* est donc *hétérothalle tétrapolaire*. Les carpophores de *C. cornea* produits sur notre milieu artificiel ressemblent au début à ceux qu'on trouve dans la nature. Examinés au microscope, ils présentent cependant peu de basides et de spores, mais beaucoup de conidies. De plus, si l'humidité ne manque pas, ils continuent à croître et finissent par devenir tortueux et même parfois ramifiés à leur extrémité.

L'étude sexuelle des autres Calocérales est souvent plus délicate : devant *Calocera viscosa* et *Guepiniopsis merulinus*, dont les cultures polyspermes ne montrent ni anses d'anastomose, ni dicaryons et que nous n'avons pas su faire fructifier, nous sommes provisoirement désarmés. Mais nous avons obtenu des résultats concordants pour deux autres espèces.

Dacryomyces deliquescens. — Les souches recueillies sur bois de Sapin se distinguent de celles du bois de feuillus par leurs cultures polyspermes possédant des dicaryons bien nets et produisant des arthrospores qui germent et donnent des hyphes diploïdes; alors que les cultures monospermes n'ont que des articles à un noyau. Cette espèce est donc *hétérothalle*. Il est possible que des souches poussant sur bois différents appartiennent à des espèces différentes.

Femsjonia luteo-alba. — Seules les cultures polyspermes présentent, par endroits, des anses d'anastomose se trouvant vers les extrémités d'hyphes dont l'article terminal est plus ou moins renflé en massue. Cette espèce est donc également *hétérothalle*.

Toutes ces espèces de Calocérales présentent plusieurs caractères communs : *spores uninucléées* se cloisonnant, avant de germer, en deux ou plusieurs cellules uninucléées qui gardent leur noyau après avoir émis des *germes aux articles courts et uninucléés*. Haplontes et diplontes produisent tous de nombreuses conidies uninucléées qui germent très facilement. Malgré leurs basides bisporiques, *trois de ces espèces se sont montrées hétérothalles*, la bisporie n'entraîne donc pas l'homothallie chez les Calocérales que nous avons étudiées.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Sur certains caractères biochimiques de feuilles de quelques espèces de* Nicotiana. Note de M. **Jean Dussy**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Le genre *Nicotania* comprend de nombreuses formes de plantes qui sont réparties en 4 sections : *tabacum*, *rustica*, *pétunioïdes* et *polydiclia*. L'École italienne de Comes (1), à Anastasia, admet qu'il n'existe qu'un très petit nombre

(1) *Histoire, Géographie, Statistique du Tabac, Monographie du genre Nicotiana*, Ministère des Finances d'Italie, Rome, 1900.

d'espèces pures et que la plupart des types considérés comme espèces sont des hybrides *rustica pétunioïdes*.

Classiquement, on admet que toutes les plantes du genre produisent de la nicotine. Nous avons cherché s'il n'existait pas d'autres communautés des caractères biochimiques les reliant entre elles.

Nos essais ont porté d'une part sur quelques formes à caractère spécifique nettement distinct : Section des *rustica* : *N. glauca*, *N. rustica* var. *Souffi* et var. *Texana*; Section des *tabacum* : *N. tabacum* var. *Paraguay* et var. *purpurea*; Section des *pétunioïdes* : *N. alata* et *N. alata* var. *affinis*; d'autre part sur quelques formes de caractère hybride : *N. paniculata*, qui se rapproche des *rustica* par son système végétatif et son système floral; *N. Langsdorfii*, qui se rapproche des *rustica* par son système végétatif et des *pétunioïdes* par son système floral; *N. plumbaginifolia*, qui se rapproche des *pétunioïdes* par son système végétatif et son système floral.

Ces plantes provenaient du Centre National de Recherches agronomiques de Versailles et avaient été récoltées au début de la défloraison.

Nous avons d'abord dosé la nicotine dans les feuilles fraîches de ces plantes par la méthode de MM. G. Bertrand et Javillier. Les résultats ont été les suivants (en grammes % de plantes fraîches) :

N. tabacum var. *Paraguay*....	0,31	*N. paniculata*.............	0,02
» » *purpurea*....	0,29	*N. Langsdorfii*............	0,04
N. glauca..................	0,12	*N. plumbaginifolia*........	Traces (moins de 1^{cg})
N. rustica var. *Souffi*.........	0,99	*N. alata*..................	»
» » *Texana*.......	0,75	» var. *affinis*........	»

L'étude des glucides a été faite sur des extraits de plantes fraîches, préparés suivant la technique décrite par J. Rabaté (²), à partir desquels nous avons effectué des essais biochimiques et extrait des hétérosides. Les essais biochimiques ont été effectués suivant le protocole décrit par Bourquelot en utilisant successivement l'invertine, l'émulsine et la rhamnodiastase. Les indices enzymolytiques obtenus par action des deux premiers ferments, ne permettent pas de préjuger de la nature de l'oside dédoublé. Par contre, la rhamnodiastase a libéré dans les extraits de *N. glauca*, *N. rustica* var. *Souffi* et var. *Texana*, *N. tabacum* var. *Paraguay* et var. *purpurea*, *N. paniculata*, un sucre réducteur peu actif sur la lumière polarisée, hydrolysable lui-même par l'émulsine, faits qui permettent de présager la présence de rutoside (³).

(²) *Contribution à l'étude biochimique des Salicacés*, p. 17-20; *Thèse Doctorat ès sciences*, Paris, 1934.

(³) Charaux, *Bull. Soc. Chimie biol.*, 6, 1924, p. 631.

Cet hétéroside qui par ailleurs avait été isolé de *N. glauca* par Charaux et de *N. tabacum* par Yamafuji et Hasegawa ([1]), a cristallisé spontanément dans les extraits de *N. glauca*, *N. rustica* et après concentration des solutions au cinquième et amorçage avec des traces de rutoside, dans les extraits de *N. tabacum* et *N. paniculata*.

L'identification des produits obtenus avec le rutoside a été établie d'après l'identité des points de fusion des hétérosides et de leur mélange : 208° au bloc Maquenne; des pouvoirs rotatoires : $[\alpha]_D^{20} = -35°$, en solution alcoolique à 50°, C = 0,25 % ; des produits d'hydrolyse : quercétol, glucose, rhamnose.

Les rendements en rutosides ont été : (en grammes par kilogramme de feuilles fraiches) :

N. glauca	0,500	*N. tabacum variation Paraguay*	0,180
N. rustica variation Souffi	0,450	» » *purpurea*	0,250
» » *Texana*	0,420	*N. paniculata*	0,160

Les autres variétés ne semblent pas contenir cet hétéroside.

La concentration des solutions a amené dans les extraits de *N. alata* l'apparition de cristaux d'un hétéroside différent du rutoside.

Il s'agit de cristaux blancs verdâtres, qui, recristallisés dans l'eau, puis dans l'acétate d'éthyle, fondent instantanément vers 215°. Solubles dans l'alcool, leur solution est lévogyre : $[\alpha]_D^{20} = -90°$. Par hydrolyse ils fournissent du rhamnose et une aglucone blanc jaunâtre, amorphe, qui n'a pas été identifiée.

L'analyse élémentaire de l'oside par la microméthode de Pregl a donné :

Trouvé : C 57,18 et 57,07 %, H 7,84 et 7,75 %; calculé pour $C_{24}H_{40}O_{11}$: C 57,14 % et H 7,93 %. Cet hétéroside a été également trouvé chez *N. alata* var. *affinis*.

Conclusions. — Nous avons montré : 1° L'existence de rutoside dans des types de *Nicotiana* où cet hétéroside n'avait pas encore été décrit. Mais alors qu'on retrouve la nicotine, à des taux différents, dans toutes les plantes étudiées, le rutoside semble n'être présent que dans quelques types seulement. Les taux élevés de cet hétéroside chez les *rustica*, son absence chez les *pétunioïdes* typiques ou les plantes qui s'en rapprochent, sa présence à taux moyens chez les types se rapprochant du *N. rustica*, de même que chez les *tabacum*, tendent à confirmer l'hypothèse de l'École italienne sur l'origine hybride de ces dernières formes.

2° Chez *N. alata* et sa variété *affinis*, l'existence d'un hétéroside non encore décrit dont nous poursuivons actuellement l'étude.

(1) Hasegawa, *Bull. Agricult. Chem. Soc. Japon*, 7, p. 73-74.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Sublimation des alcaloïdes sous pression réduite.* Note [1] de MM. **Maurice-Marie Janot** et **Marcel Chaigneau**, présentée par M. Paul Lebeau.

Dès 1833, Mein [2], en isolant l'atropine, et Geiger et Hesse [3] l'hyoscyanine, avaient remarqué que ces alcaloïdes se volatilisent presque sans altération. Thénard [4], en 1835, rapporte que la cinchonine se volatilise; Hlasiwecz [5] précise en 1851 qu'elle se sublime, fait confirmé et étudié par Hesse en 1862 [6].

Après les travaux de précurseurs comme Helwig [7], Guy [8], Behrens, la première étude assez générale sur la sublimation des alcaloïdes sous pression réduite (10 mm/Hg) est due à Eder [9] en 1913. Sur les 36 alcaloïdes expérimentés, 15 donnèrent des sublimats caractéristiques.

La microsublimation des alcaloïdes a été préconisée en pharmacognosie pour identifier certaines matières premières végétales utilisées en pharmacie, ainsi qu'en toxicologie [10]. Ayant eu recours à ce procédé lors de l'extraction, de la purification ou de l'identification d'un assez grand nombre d'alcaloïdes, nous avons essayé de sublimer une soixantaine d'alcaloïdes dans les conditions suivantes :

Dans un tube de verre de 20^{cm} de long et de $0^{cm},5$ de diamètre intérieur, fermé à une extrémité et rigoureusement propre et sec, on répartit au voisinage du fond 5^{cg} d'alcaloïde. Ce tube est introduit avec un thermomètre, dont l'ampoule est placée au niveau de l'alcaloïde, dans un tube de quartz transparent, relié à une trompe à mercure. Ce tube de quartz est lui-même engagé sur les 2/3 de sa longueur dans un four transparent en Pyrex dont le bobinage permet de suivre l'opération. Un deuxième thermomètre donne la température du four. On fait le vide en présence de P_2O_5 pendant 24 heures et l'on procède au chauffage assuré électriquement. La température est élevée de 1° par minute jusqu'au voisinage du point de sublimation qui a été déterminé dans un premier essai, puis de 1° en 5 minutes jusqu'à l'apparition du sublimat dans la partie du tube extérieure au four. On maintient cette température durant toute la sublimation. La pression mesurée au moyen d'une jauge de Brunner [11] a été choisie entre 0,01 et 0,02 mm/Hg, exceptionnellement à 0,03. *A aucun moment le corps ne doit fondre.*

---

(1) Séance du 10 décembre 1947.
(2) *Annalen der Pharmacie*, 5, 1833, p. 71-72.
(3) *Ibid.*, 7, 1833, p. 271 et 273.
(4) *Traité de Chimie élémentaire théorique et pratique*, 4, 1835, p. 262 et 277.
(5) *Ann. der Chem. Pharm.*, 77, 1851, p. 49.
(6) *Ibid.*, 122, 1862, p. 230.
(7) *Zeitschr. f. analyt. Chem.*, 3, 1864, p. 43.
(8) *Pharmaceutical Journ.*, [2], 8, 1866-1867, p. 718; 9, 1867-1868, p. 370.
(9) *Schweiz. Woch. Chem. Pharm.*, 51, 1913, p. 228-231, 241-245.
(10) Tunmann et Rosenthaler, *Pflanzenmikrochemie*, 2e éd. 1931.
(11) *Helv. chim. Acta.*, 13, 1930, 915.

Les résultats obtenus permettent de classer les alcaloïdes en deux groupes :

a. Alcaloïdes ne donnant pas de produits cristallisés par sublimation : berbérine, boldine cristallisée, cassaïne, céphéline, chélidonine, colchicine cristallisée, corynanthéidine, corynanthéine cristallisée, corynanthine (monoacétyl- et diacétyl-), delphinine, émétine, éphédrine, hydrastine, narcéine, quinicine, trigonelline (et son chlorydrate).

B. Alcaloïdes donnant des sublimats cristallisés.

Alcaloïdes.	Température de sublimation et pression (en mm/Hg).	Alcaloïdes.	Température de sublimation et pression (en mm/Hg).
Arécoline (BrH)	127° (0,01)	Hordénine	102° (0,01)
Atropine	88 (0,02)	Hydrastinine	54 (0,03)
Brucine	148 (0,02)	Hyoscyamine	83 (0,02)
Caféine	75 (0,01)	Ibogaïne	134 (0,03)
Cicutine (BrH)	132 (0,02)	Morphine	182 (0,025)
Cinchonamine	128 (0,01)	Narcotine	122 (0,015)
Cinchonidine	123 (0,01)	Papavérine	115 (0,01)
Cinchonine	129 (0,015)	Peyotline	74 (0,01)
Cocaïne	68 (0,02)	Pilocarpine (BrH)	128 (0,02)
Codéine	96 (0,01)	Pipérine	104 (0,02)
Conessine (*)	95 (0,01)	Quinidine	140 (0,01)
Coryline	74 (0,01)	Quinine	123 (0,01)
Corynanthidine (**)	156 (0,01)	Sempervirine	158 (0,01)
Corynanthine	173 (0,01)	Strychnine	125 (0,01)
Ecgonine	152 (0,025)	Thébaïne	91 (0,01)
Ecgonine (benzoyl)	141 (0,025)	Théobromine	109 (0,01)
Eséridine	83 (0,02)	Yobyrine	94 (0,01)
β-Fagarine (***)	77 (0,01)	Yobyrine (tétrahydro)	102 (0,01)
Gelsémine	162 (0,001)	α-Yohimbéthyline (****)	146 (0,01)
Gramine	59 (0,001)	Yohimbine	159 (0,01)
Harmine	114 (0,01)		

(*) Échantillon donné par M. Paris, Professeur à la Faculté de Pharmacie; (**) ou α-yohimbine [12], (***) ou skimmianine; (****) ester éthylique de l'acide α-yohimbique.

L'examen du tableau précédent montre qu'il est, par exemple, impossible de séparer par sublimation la yohimbine de la corynanthidine (α-yohimbine); l'hyoscyamine de l'atropine; la quinine de la cinchonidine et de la cinchonine.

Deux cas sont particulièrement intéressants : celui de la codéine (96°) et de la morphine (182°); celui de la cocaïne (68°) et de l'ecgonine (152°) et de son dérivé benzoylé (141°). C'est ainsi que sur des mélanges de morphine-codéine renfermant 50, 20 et 10 % de codéine, au cours de la sublimation, on voit nettement deux anneaux de cristaux que l'on peut séparer en sectionnant

(12) M.-M. Janot et R. Goutarel, *Comptes rendus*, **220**, 1945, p. 617; *Bull. Soc. Chim.*, [5], **12**, 1946, p. 535.

le tube et analyser. Pour les teneurs de 20 et 10 % de codéine, on peut isoler cette dernière à l'état pur, F 155° (pas de réaction à l'acide iodique).

Conclusion. — Sur les 59 alcaloïdes examinés, naturels ou produits de leur transformation, 41 d'entre eux se sont sublimés à des températures qui, pour la méthode utilisée, sont caractéristiques et susceptibles de rendre des services en chimie extractive et analytique.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Sur la composition de l'acidité organique du moût de Pommes.* Note de MM. **Jean Tavernier** et **Pierre Jacquin**, présentée par M. Maurice Javillier.

D'après Warcollier ([1]), l'acidité organique des Pommes à cidre françaises est constituée uniquement par l'acide malique. Franzen et Helwert ([2]) ayant signalé à côté de l'acide malique, la présence des acides citrique, lactique et succinique dans un moût de pommes de provenance non précisée, nous avons entrepris de dresser le bilan de l'acidité organique de variétés de pommes à cidre et de table, en déterminant qualitativement et quantitativement les acides rencontrés dans leurs jus.

L'analyse des moûts provenant de pommes brassées à complète maturité, a été effectuée dès la sortie du pressoir, avant tout départ de prolifération microbienne. Après avoir caractérisé les acides malique, citrique, lactique et succinique par les réactions classiques, nous avons procédé à leur dosage par les méthodes suivantes : l'acide malique par la méthode de Peynaud ([3]), l'acide citrique par la méthode de Kogan ([4]) suivant Peynaud ([3]), l'acide succinique d'après la méthode de Kunz ([5]) suivant Peynaud ([3]), l'acide lactique d'après la méthode de Fürth et Charnas ([6]) suivant la technique de Peynaud ([3]) modifiée par nous; la présence de sorbite dans le moût de pommes nous a contraints à extraire préalablement l'acide lactique par l'éther sulfurique avant de procéder à son oxydation par le permanganate de potassium.

En effectuant la balance des anions organiques, dans laquelle la somme des divers acides doit être égale à la somme de l'alcalinité des cendres et de l'acidité totale de titration, nous avons obtenu des résultats satisfaisants : cette méthode permet de s'assurer de la détermination complète des acides organiques du moût et de contrôler l'exactitude des méthodes analytiques utilisées.

([1]) *Cidrerie*, Paris, 3e édit., 1928, p. 44.
([2]) *Zeits. Physiol. Chem.*, **127**, 1923, p. 14.
([3]) *Ann. Chim. anal.*, **28**, 1946, p. 127.
([4]) *Zeits. anal. Chem.*, **80**, 1930, p. 112.
([5]) *Zeits. für Untersuch. d. Nahrungsmittel*, 1903, p. 721.
([6]) *Biochem. Zeits.*, **26**, 1910, p. 199.

Le tableau suivant condense ces résultats exprimés en milliéquivalents par litre de jus :

Variétés.	Acidité de titration.	Alcalinité des cendres.	Somme des anions.	Acide malique.	Acide citrique.	Acide lactique.	Acide succinique.	Somme des cations.
Rouge de Trèves....	116,0	37,5	153,5	141,0	3,8	0,8	0,7	146,3
Argile nouvelle.....	23,0	21,0	44,0	35,2	2,6	0,7	<0,5	38,5
Reine des Reinettes..	67,0	25,2	92,2	84,0	2,2	0,8	0,7	87,7
Chailleux..........	114,0	41,0	155,0	147,0	2,7	0,3	0,7	150,7
Mc Intosh Red......	32,0	34,0	66,0	53,0	2,3	1,0	<0,5	56,3
Wealthy...........	63,0	29,5	92,5	80,0	2,3	1,0	<0,5	83,3

L'on voit que, indépendamment de la variété étudiée, pomme à cidre aigre ou douce, pomme de table française ou américaine, l'acide malique est l'acide prédominant du moût. L'acidité organique du moût de pommes est constituée par 90 à 95 % d'acide malique, 3 à 10 % d'acide citrique, les acides lactique et succinique représentant à eux deux 1,5 % au maximum de cette acidité.

Il nous a paru intéressant de suivre, au cours de la vie végétative de la pomme sur l'arbre, l'apparition et le métabolisme des acides organiques. Voici les résultats obtenus exprimés en milliéquivalents par litre :

	Date de cueillette des variétés de pommes. Chailleux. 11 juin.	2 août.	27 sept.	Rouge de Trèves. 19 juin.	2 août.	30 sept.
Acidité de titration.....	304	166	114	485	356	116,0
Acide malique.........	291	200	147	444	386	141,0
» citrique.........	3,6	2,7	2,6	3,6	3,6	3,8
» lactique.........	0,8	0,4	0,3	1	0,5	0,8
» succinique.......	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,7

Ce tableau montre que les quatre acides organiques dosés dans la Pomme à maturité se rencontrent très tôt dans le fruit vert, soit 28 et 35 jours après la nouaison, pour les variétés étudiées. On constate que la diminution de l'acidité de titration au cours du développement de la Pomme est due à l'oxydation d'une partie de l'acide malique, les variations constatées dans les teneurs en acide citrique, lactique et succinique étant très faibles ou même nulles.

CHIMIE AGRICOLE. — *Sur les valeurs extrêmes des proportions d'azote, d'acide phosphorique et de potasse dans la feuille, en relation avec la santé de la vigne*. Note de MM. **Louis Maume** et **Jacques Dulac**, présentée par M. Maurice Javillier.

Dès le début des travaux sur le diagnostic foliaire, nous avions insisté sur la base exclusivement expérimentale de notre méthode d'information. Nos observations nous avaient amenés à la conclusion reproduite dans la plupart de nos

écrits : *Le diagnostic foliaire est fidèle, sensible, et particulièrement accessible.* Autrement dit, si l'on introduit ou constate un facteur de nutrition, la nutrition du végétal apparaît comme modifiée dans le sens de ce facteur. Les différences observées entre la plante mieux alimentée et les témoins sont largement suffisantes pour établir ce fait. Toutes ces constatations n'exigent que des moyens couramment applicables.

Dans l'interprétation des résultats analytiques, nous distinguons chaque fois la *quantité* et la *qualité* de l'alimentation NPK. La quantité est mesurée par l'intensité d'alimentation, c'est-à-dire par les teneurs centésimales de la matière sèche en azote, acide phosphorique et potasse, la somme de ces trois chiffres constituant l'alimentation globale $N+P_2O_5+K_2O$ au moment considéré. La qualité s'exprime par les rapports mutuels des trois principes ou rapports physiologiques.

Complètement indépendants, ces deux caractères peuvent logiquement se lier pour constituer le diagnostic foliaire à un moment donné, le diagnostic foliaire annuel étant constitué par la série des états chimiques de la feuille, répartis sur tout le cycle végétatif.

Le diagnostic foliaire annuel d'une culture étant comparé à l'optimum alimentaire de l'espèce cultivée, nous y lirons dans quelle mesure cette culture est éloignée de l'optimum alimentaire souhaité. (L'optimum est déterminé avec une certaine approximation après enquête sur des plantes placées dans les meilleures conditions de culture, ou encore par des champs d'expériences de longue durée.)

Cela posé, le but de la présente Note est de mettre en évidence combien sont larges les variations de l'intensité d'alimentation mesurée par l'analyse de la feuille. Dans le tableau ci-dessous, nous indiquons les proportions minima et maxima de chacun des trois principes : azote, acide phosphorique et potasse, relevées à trois époques du cycle végétatif annuel.

	Pour 100 p. de matière sèche					
	— Azote.		Acide phosphorique.		— Potasse.	
	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
Début floraison.........	1,5	3,9	0,30	1,4	0,45	4,1
Véraison..............	1,2	3,6	0,20	0,9	0,30	3,3
Maturité (vendange)....	0,70	2,7	0,12	0,6	0,20	2,6

Ainsi, dans les limites de notre enquête, l'espèce cultivée Vigne, suivant les possibilités de nutrition qui lui sont offertes, accuse dans la feuille de base de ses sarments fructifères des variations d'intensité alimentaire allant de 1 à 3 pour l'azote, de 1 à 5 pour l'acide phosphorique et de 1 à 10 pour la potasse. Or nous avons constaté que les doses minima relevées pour l'un ou pour l'ensemble des trois principes nutritifs essentiels correspondent dans la grande

majorité des cas à des feuilles provenant de vignes de mauvaise productivité parce que négligées, mal conduites, âgées ou en très mauvais état sanitaire (brunies, chlorosées, court-nouées, etc.). Il est évident que cette relation entre le chimisme de la feuille et l'état de santé de la Vigne ne peut être établie qu'après un long travail statistique. Le nôtre a porté sur plusieurs centaines d'examens foliaires effectués sur échantillons prélevés dans de nombreux vignobles français. Par ailleurs, nous avons noté que les carences azotées et phosphorées sont moins fréquemment relevées, en particulier dans notre midi méditerranéen, que les carences potassiques (1). Par contre nous avons des cas où des vignobles établis sur schistes séríciteux et sur boulbènes accusent une carence très nette de P_2O_5 dans la feuille.

Quant aux valeurs maxima figurant dans notre tableau, on ne peut affirmer qu'elles correspondent toujours à des vignobles en parfait état de nutrition, puisque, comme nous venons de le faire remarquer au début de cette Note, en dehors de la quantité, un autre facteur de l'alimentation, la qualité, doit être pris en considération (2). Mais déjà, le seul examen des chiffres analytiques exprimant pour cent de matière sèche les proportions de N, P_2O_5, K_2O dans la feuille nous donne un précieux renseignement sur les possibilités alimentaires du végétal et les conséquences parfois désastreuses qui découlent d'une mauvaise intensité de nutrition. L'intérêt de la méthode de contrôle du mode d'alimentation de la Vigne se trouve donc encore une fois affirmé.

PHYSIOLOGIE. — *Lumière, glande du sinus et vitesse de parcours des intermues chez* Leander serratus (*Pennant*). Note de M. **Pierre Drach**, présentée par M. Louis Fage.

La question si complexe du déterminisme de la mue des Arthropodes peut être abordée par des méthodes variées. L'une des plus générales est l'analyse des facteurs qui régissent la durée totale d'une intermue. Deux facteurs externes, l'apport alimentaire et la température, ont un effet quantitatif certain sur cette durée, effet de même nature que celui qui peut être observé sur la vitesse de croissance de n'importe quel organisme.

Cette Note apporte la preuve qu'un troisième facteur externe, l'éclairement, joue un rôle de premier plan. Deux groupes de faits m'ont conduit à penser que

(1) C'est ainsi (*Comptes rendus*, **221**, 1945, p. 116) que, toutes les fois que la proportion de K_2O dans la feuille de base descend au-dessous de 1 % dans la matière sèche, la plante souffre d'une carence relative en cet élément, et que, très souvent, des troubles physiologiques (brunissure par exemple) en sont la conséquence.

(2) Il n'y a pas à proprement parler consommation de luxe lorsqu'un des éléments est en excès par rapport aux autres, mais excès relatif de l'élément en question. Cet excès relatif a comme conséquence un nouvel équilibre NPK dans la feuille, celui-ci étant d'autant moins souhaitable qu'il s'éloigne sensiblement de l'équilibre optimum.

ce facteur ne jouait pas isolément, mais en corrélation avec un facteur interne endocrinien, la sécrétion de la glande du sinus (petit massif glandulaire situé dans les pédoncules oculaires). D'une part, les recherches de nombreux auteurs ont établi que la glande du sinus commande par sa sécrétion le degré de contraction des chromatophores, en réponse aux conditions d'éclairement des yeux composés (fonction chromatique). L'éclairement des yeux règle à la fois l'activité de synthèse de la glande et la libération de ses produits dans le sang. D'autre part des recherches récentes (de 1939 à 1944) ont montré que la glande du sinus exerce un rôle frénateur vis-à-vis de la mue : mue plus rapide par ablation de la glande ou des pédoncules oculaires. D'autres effets sont encore imputés à cette glande qui joue chez les Crustacés un rôle de commande centrale.

Or, nous ignorons si la glande du sinus produit une ou plusieurs hormones; nous ignorons surtout si ses divers effets sont liés ou indépendants. Il s'imposait donc, en ce qui concerne la mue, d'envisager l'action combinée de l'activité glandulaire et de l'éclairement, afin de savoir s'il existe une liaison entre eux, comme dans le cas de la fonction chromatique.

Les recherches réalisées dans ce but comportent la détermination de l'incidence de deux mues consécutives chez des animaux mis en expérience à des étapes bien déterminées du cycle d'intermue. Les animaux sont groupés en six séries, trois séries d'animaux intacts, trois séries d'opérés (ablation des pédoncules oculaires par section, suivie de cautérisation). Chaque groupe (intacts et opérés) comporte une série en lumière continue, une série en obscurité continue et une série en éclairement naturel (alternance quotidienne lumière-obscurité). L'observation de trois séries d'opérés, qui peut paraître superflue, a pour but de se prémunir contre l'action possible sur l'effet étudié de photorécepteurs autres que le système des yeux composés et de leurs annexes glandulaires. Dans l'ensemble des six séries, la seule série témoin est celle des animaux intacts en éclairement naturel (alternance lumière-obscurité). Les résultats, résumés par la moyenne de chaque série, sont figurés dans le tableau suivant :

	Cond. naturelles.		Obscur. continue.		Lumière continue.	
	Témoins.	Opérés.	Témoins.	Opérés.	Témoins.	Opérés.
Nombre total d'animaux.....	(23)	(20)	(25)	(18)	(10)	(9)
Durée moyenne d'intermue (en j).	**14,8**	**12,5**	**18,1**	**12,9**	**19,3**	**13,0**
Accélération d'intermue chez les opérés (%)...................	15,5		28,4		32	

Ce tableau met en lumière les faits suivants : les conditions d'éclairement sont indifférentes chez les opérés; donc aucun photorécepteur autre que les yeux composés n'intervient dans la mue; chez les animaux intacts, ce sont les conditions naturelles (alternance quotidienne lumière-obscurité) qui réalisent les intermues les plus courtes et, par conséquent, la croissance la plus rapide; l'uniformité des conditions allonge l'intermue de 22 % dans le cas de l'obscurité

continue et de 30 % dans le cas de la lumière continue. (Il serait intéressant de savoir dans quel sens agirait un rythme d'alternance plus rapide que le rythme quotidien.)

L'accélération d'intermue par ablation des pédoncules oculaires est beaucoup plus importante dans la série obscurité continue (28,4 %) et dans la série lumière continue (32 %) que dans la série alternance lumière-obscurité (15,5 %); ceci n'est évidemment qu'un corollaire des faits précédents : indifférence des conditions d'éclairement chez les opérés, et effet retardateur dû à la suppression de l'alternance lumière-obscurité chez les animaux intacts. Tous ces faits indiquent que la sécrétion de la glande du sinus, agissant sur la durée d'intermue, est elle-même sous la dépendance des conditions d'éclairement.

De nouvelles recherches devront être faites pour préciser la nature de cette dépendance. Celle-ci est sans doute assez complexe, comme l'a indiqué Panouse (¹) pour la fonction chromatique : dans ce cas particulier, l'activité sécrétrice dépend à la fois des conditions d'éclairement et d'un rythme nycthéméral de la glande, qui conserve, même à l'obscurité continue, une certaine autonomie.

La prospection endocrinologique des Crustacés est encore limitée à un trop petit nombre d'espèces pour permettre des généralisations; on peut toutefois, et à titre d'hypothèse de travail, suggérer ceci : l'action frénatrice de la glande du sinus sur la durée d'intermue doit être très générale, ainsi que l'indique la diversité des espèces étudiées à cet égard (Natantia, Macroures et Brachyoures); les relations entre l'activité de la glande et les conditions d'éclairement pourraient être beaucoup plus variées, ne se présentant pas de la même manière chez les espèces faiblement et fortement photosensibles. Une étude comparée d'espèces se comportant diversement vis-à-vis de la lumière établirait sans doute des liens intéressants entre l'écologie et la physiologie endocrinienne des Crustacés.

PHYSIOLOGIE DES SENSATIONS. — *Étude sur l'excitation olfactive.*

Note (¹) de M. **Jacques Le Magnen**, présentée par M. Léon Binet.

Le mécanisme de l'excitation olfactive est encore très mal connu. En l'absence de données précises sur l'influence relative des différents facteurs entrant en jeu dans l'excitation, et d'une technique permettant de les étudier, la mesure et l'expression des seuils olfactifs demeurent très empiriques; la difficulté essentielle réside dans le fait que la substance excitatrice diluée dans l'air est véhiculée jusqu'à la muqueuse par le courant respiratoire. Ce courant respi-

(¹) J. B. Panouse, *Ann. Inst. Océanogr.*, 23, 1946, fasc. 2, p. 65.

(¹) Séance du 10 décembre 1947.

ratoire, par sa vitesse, son sens et son volume, conditionne les valeurs, au niveau de la muqueuse, c'est-à-dire au sommet des fosses nasales, des différentes variables susceptibles d'intervenir dans la stimulation, telles que le taux de dilution de la substance odorante, sa quantité, sa vitesse et sa pression. Ces différentes variables ne pouvant être mesurées au cours de la phase respiratoire au niveau de la muqueuse, il est indispensable de pouvoir y déduire leur valeur et leur rôle respectif dans l'excitation, de leur mesure à l'entrée des fosses nasales, et d'étudier dans ce but le mécanisme externe et respiratoire de la stimulation olfactive.

J'ai utilisé la technique suivante : Un mélange odorant est constitué dans une enceinte de petite capacité, fermée au sommet par une cloche à eau mobile, équilibrée par un contrepoids. Le sujet aspire dans un masque, et contrôle sa vitesse d'inspiration à l'aide d'un indicateur de vitesse du déplacement de la cloche. Un dispositif accessoire permet de limiter à volonté le volume inspiré.

Résultats. — 1° A une vitesse constante, le sujet aspire différents volumes d'une dilution d'eucalyptol proche du seuil journalier moyen. Pour les trois volumes expérimentés (600, 300 et 150$^{cm^3}$), on trouve le même pourcentage de réponses positives. A quatre vitesses d'inspiration différentes, l'excitation se montre ainsi chaque fois indépendante du volume global inspiré (*fig.* 1).

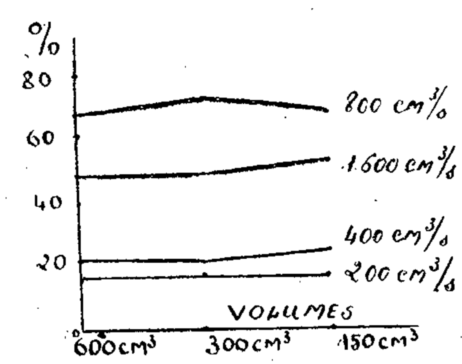


Fig. 1.

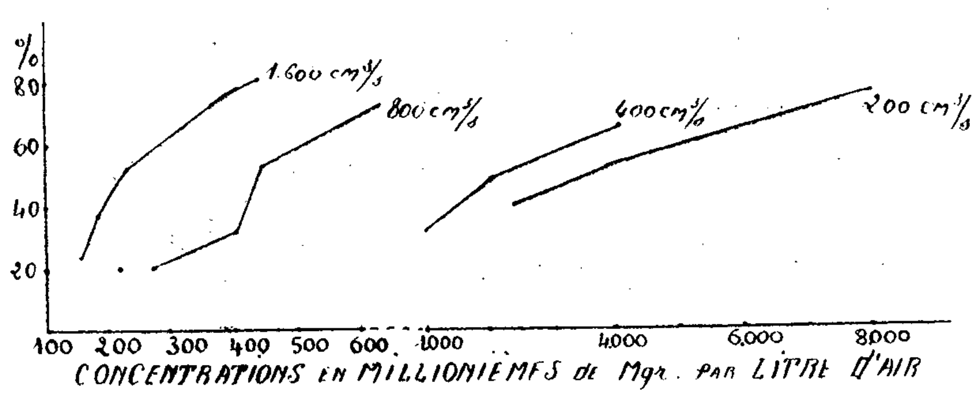


Fig. 2.

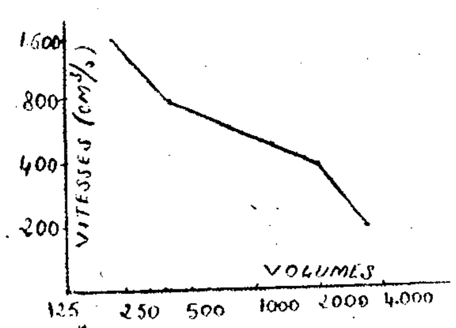


Fig. 3.

2° Avec un volume inspiré constant (600$^{cm^3}$), j'ai recherché la courbe de seuil pour quatre vitesses du courant respiratoire (1600, 800, 400 et 200 cm³/sec). On constate à 800 cm³/sec un seuil pour une concentration double de la concentration pour laquelle on trouve le seuil à la vitesse double de 1600 cm³/sec. De même la concentration liminaire est à 200 cm³/sec près de deux fois plus grande que celle de 400 cm³/sec. La même relation n'est pas observée entre 400 et 800 cm³/sec. La quantité de substance odorante dans un litre d'air pour

laquelle on trouve le seuil à 400 cm³/sec est près de cinq fois plus élevée qu'à la vitesse double (*fig.* 2). Sur la base de ces quatre courbes de seuils on a tracé la courbe des seuils (50 % de réponses positives) en fonction de la vitesse d'inspiration (*fig.* 3).

Interprétation. — A une vitesse constante donnée, les conditions aérodynamiques réalisées dans les fosses nasales étant les mêmes, la proportion des molécules atteignant la muqueuse par rapport à la quantité totale de molécules inspirées ne peut varier, quel que soit le volume, c'est-à-dire la durée de l'inspiration. Or, puisque l'on constate qu'à une vitesse constante, l'excitabilité ne varie pas avec le volume, il apparaît que cette excitabilité est indépendante du nombre absolu de molécules parvenant à la muqueuse.

La différence des concentrations liminaires, avec les vitesses d'inspiration, peut être interprétée, soit comme une conséquence de la modification des conditions aérodynamiques amenant une proportion différente des molécules à la muqueuse, soit comme une action spécifique, dans l'excitation, de la vitesse d'arrivée des molécules sur l'épithélium, l'excitabilité de la muqueuse par la substance étudiée pouvant s'exprimer dès lors en nombre de molécules y parvenant dans l'unité de temps. Or, la constance observée du produit (nombre de molécules × vitesse) entre 800$^{cm^3}$ et 1600 cm³/sec et entre 200 et 400 cm³/sec d'une part, et d'autre part, l'indépendance constatée de l'excitabilité à l'égard du volume inspiré, vérifient la seconde interprétation, à savoir que l'excitation est fonction pour une substance donnée d'un nombre de molécules parvenant à la muqueuse dans l'unité de temps. La relation précédente n'étant pas observée entre 400 et 800 cm³/sec on peut en conclure qu'entre ces deux vitesses (correspondant d'ailleurs au passage à des vitesses inférieures à celles du rythme respiratoire normal) les conditions aérodynamiques changent, modifiant la proportion des molécules atteignant la muqueuse.

Ces résultats et des travaux complémentaires permettront sans doute de résoudre de nombreux problèmes concernant l'excitation olfactive et semblent imposer l'expression pratique et la mesure du stimulus par la valeur d'une dilution de la substance, inspirée à une vitesse constante donnée.

EMBRYOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *État de développement des ébauches mammaires et du cordon vaginal chez les fœtus mâles et femelles de Souris, dont les ébauches des glandes génitales ont été détruites par une irradiation au moyen des rayons X, à l'âge de treize jours.* Note de MM. **Albert Raynaud** et **Marcel Frilley**, présentée par M. Maurice Caullery.

Nous avons réalisé précédemment [1] [2] la destruction, au moyen des rayons X, des ébauches des glandes génitales de l'embryon de Souris âgé de

(1) *C. R. Soc. Biol.*, séance du 22 novembre 1947.

(2) *Soc. d'Endocrinologie*, séance du 27 novembre 1947.

treize jours : consécutivement à la destruction des ébauches testiculaires, on observe chez les embryons mâles l'arrêt de développement des glandes annexes, l'organisation du sinus urogénital en une portion urétrale et un cordon vaginal, l'édification d'organes génitaux externes semblables à ceux des femelles et des ébauches mammaires attachées à l'épiderme. Dans la présente Note, nous apportons des précisions sur l'état de développement de ces ébauches mammaires et examinons conparativement le degré de développement du cordon vaginal chez les fœtus des deux sexes, irradiés et non irradiés, de la même portée.

Le matériel utilisé comprend six fœtus de la même portée; trois embryons de cette portée ont reçu, sur les ébauches de leurs glandes génitales, une dose de 120000 r. de rayons X, à l'âge de 13 jours, 12 heures; les six fœtus ont été sacrifiés à l'âge de 18 jours, 8 heures; ils comprennent : deux femelles à ovaires détruits, un mâle à testicule détruit, un mâle et deux femelles non irradiés. Un second fœtus mâle à testicules détruits par irradiation à l'âge de 13 jours, 13 heures et appartenant à une autre portée, a été également étudié dans ce but; chez tous ces fœtus, les régions thoracique et abdominale ont été débitées en coupes sériées à $7^{\mu},5$ d'épaisseur et étudiées microscopiquement.

Résultats obtenus : A. *Ébauches mammaires.* — *a.* Chez les deux fœtus mâles âgés de 18 jours et quelques heures, à testicules détruits, les ébauches mammaires pectorales et inguinales sont représentées par des cordons épithéliaux attachés à l'épiderme ([3]), tandis qu'ils sont séparés de l'épiderme chez le mâle normal. Chez un de ces fœtus mâles, la deuxième ébauche mammaire inguinale droite est bien développée (les deux mamelles inguinales gauches sont absentes, leurs ébauches ayant été situées dans la région irradiée), tandis que chez le fœtus mâle témoin, la deuxième paire d'ébauches mammaires inguinales fait défaut.

b. Chez les deux fœtus femelles à ovaires détruits, les différentes ébauches mammaires sont également représentées par des cordons épithéliaux en continuité avec l'épiderme.

c. Les ébauches mammaires inguinales sont plus développées chez les fœtus mâles à testicules détruits que chez les fœtus mâles normaux.

B. *Cordon vaginal.* — Dans le tableau ci-après sont rapportées des mensurations du cordon vaginal de quatre fœtus de la même portée; le premier chiffre représente la plus grande largeur du cordon (mesurée dans le sens latéral), le second l'épaisseur de ce cordon (diamètre antéro-postérieur); la première rangée horizontale de chiffres se rapporte à des mensurations effectuées au niveau de la partie supérieure de cette ébauche vaginale; la seconde à des mesures effectuées à un niveau légèrement inférieur.

([3]) Ces constatations indiquent que c'est le testicule embryonnaire qui est à l'origine de la séparation du bourgeon mammaire primitif et de l'épiderme (vraisemblablement par action de la sécrétion testiculaire sur le mésenchyme entourant le bourgeon mammaire primitif).

Dimensions du cordon vaginal.

Fœtus ♂ à testicules détruits (n° 1506) pesant 958mg,7.	Fœtus ♀ à ovaires détruits (n° 1510) pesant 927mg,3.	Fœtus ♀ non irradié (n° 1509) pesant 1323mg,5.	Fœtus ♀ non irradié (n° 1511) pesant 1230mg,5.
127μ,5 × 60μ	125μ × 65μ	165μ × 55μ	150μ × 90μ
125μ × 65μ	132,5μ × 75μ	165μ × 55μ	145μ × 90μ

Ces mensurations montrent que le degré de développement du cordon vaginal est comparable chez les deux fœtus mâle et femelle à glandes génitales détruites et légèrement inférieur au degré de développement du cordon vaginal des fœtus femelles non irradiés de la même portée ([1]).

ZOOLOGIE. — *Sur les organes accessoires femelles des* Orthoptères. Note de M. **André Voy**, présentée par M. Maurice Caullery.

J'ai étudié, par la méthode des coupes en série à la paraffine, l'appareil génital d'une trentaine d'espèces appartenant à diverses familles d'Orthoptères (*Blattidæ, Mantidæ, Tettigoniidæ, Gryllidæ, Tetrigidæ, Acrididæ*). Les relations

---

([1]) Signalons, en outre, que, chez les deux fœtus femelles (nos **1508** et **1510**) de cette portée, âgés de 18 jours 8 heures, à ovaires détruits, nous avons constaté la persistance des extrémités inférieures des canaux de Wolff, continues, plus longues et plus développées que celles qui persistent chez les fœtus femelles normaux; la longueur de l'extrémité inférieure du canal de Wolf droit est particulièrement importante : elle atteint 578μ et 712μ respectivement chez les fœtus nos **1508** et **1510**. Ces extrémités inférieures des canaux de Wolff de ces femelles à ovaires détruits, sont plus développées dans leur segment crânial, que dans leur partie caudale : dans leur partie crâniale, leur diamètre est voisin de 60μ × 40μ (canal de Wolff droit), tandis qu'il n'est que de 25 à 35μ chez les fœtus femelles témoins; la hauteur de l'épithélium atteint 15 à 20μ, tandis qu'elle ne mesure que de 7 à 12μ chez les deux fœtus témoins non irradiés; dans leur partie tout à fait inférieure, au contraire, l'état de développement de ces canaux est comparable chez les fœtus femelles irradiés et non irradiés.

Ce développement anormal des extrémités inférieures des canaux de Wolff des fœtus femelles à ovaires détruits, est susceptible de plusieurs interprétations, car ces extrémités sont situées à la limite de la zone des tissus de l'embryon qui a été traversée par le faisceau de rayons X; on peut se demander si la destruction des ovaires de l'embryon, à l'âge de 13 jours, n'a pas supprimé une influence inhibitrice qu'exerceraient normalement ces glandes génitales femelles, sur les canaux de Wolff, à ce stade précoce du développement; mais il est possible que l'irradiation ait provoqué, au voisinage de ces extrémités, des conditions locales particulières (modifications de la vascularisation, par exemple), qui aient retardé l'involution de ces canaux de Wolff; et ceci conduit à envisager le rôle de l'oxygénation dans ces modifications du développement des gonoductes. De nouvelles recherches expérimentales permettront de décider quelle est celle de ces deux hypothèses qui correspond à la réalité.

anatomiques déjà mises en évidence chez la Blatte (1) entre le réceptacle séminal et les valves inférieures de l'oviscapte d'une part, la glande sébifique (lorsqu'elle existe) et les valves internes d'autre part, se retrouvent d'une façon constante.

Réceptacle séminal. — Le réceptacle séminal, composé d'un canal dont la partie terminale renflée forme le ou les réservoirs, existe dans toutes les espèces. Il présente des variations morphologiques ayant une valeur systématique indéniable.

Le réservoir est de forme simple chez les *Mantidæ* et la plupart des Ensifères. Il est piriforme chez les *Mantidæ*, *Tettigoninæ*, *Decticinæ*, *Conocephalinæ*, *Phaneropterinæ*, sphéroïdal chez les *Ephippigerinæ*, réniforme chez les *Gryllus*, en forme d'U chez *Gryllotalpa gryllotalpa* L.. Chez les *Tetrigidæ*, il porte un appendice en forme de T. Il est double et tubulaire chez *Blatta orientalis* L. Mais c'est chez les *Acrididæ* qu'il présente le maximum de complication. Il est double avec des diverticules plus ou moins développés, en forme d'S chez *Chrysochraon dispar* Ger., en forme d'U chez les *Œdipodinæ*. Notons que, chez les *Decticinæ*, la paroi du réservoir subit après l'accouplement une diminution d'épaisseur extrêmement marquée.

Le canal du réceptacle peut être court et capillaire (*B. orientalis* L.), rectiligne (*Mantis religiosa* L.), sinueux (*G. gryllotalpa* L.), long et enroulé en hélice irrégulière (*Gryllus*), extrêmement long avec boucles, tortillons, spires terminales (*Acrididæ*). Chez les *Gryllidæ*, il débouche dans un renflement antérieur de la poche copulatrice (*renflement sus oviductal* de Fenard) (2), homologue des apophyses antérieures de *B. orientalis* L., qui masque complètement l'oviducte médian.

La glande sébifique. — La glande sébifique est constante chez les *Blattidæ*, *Mantidæ*, *Tettigoninæ*, *Decticinæ*, *Ephippigerinæ*. Elle manque chez les *Phaneropterinæ* et les *Conocephalinæ*, où cependant les trois paires de valves de l'oviscapte sont normalement représentées. Son absence semble liée, dans ce cas, au mode de ponte particulier dans l'épaisseur du limbe des feuilles. Chez les *Acrididæ* et les *Gryllidæ*, l'absence de la glande sébifique coïncide avec l'atrophie marquée des valves internes (*Gryllus*), ou avec l'atrophie de l'oviscapte tout entier (*G. gryllotalpa* L.). L'anatomie comparée confirme ainsi la notion d'une corrélation entre la glande sébifique et les valves internes.

La glande sébifique absente semble fonctionnellement remplacée par des organes, de valeur morphologique très variable suivant les espèces, dont la couche glandulaire s'hypertrophie considérablement. L'organe qui fait l'objet

(1) *Note sur les organes accessoires femelles de la Blatte* (*Blatta orientalis* L.) (*Comptes rendus*, **225**, 1947, p. 767).

(2) *Recherches sur les organes complémentaires internes de l'appareil génital des Orthoptères* (*Bul. Sc. Fr. Bel.*, **29**, 1897, p. 390).

de cette adaptation compensatrice est le réceptacle séminal lui-même chez *Homorocoryphus nitidulus* Scop. (Conocephalinæ), un appendice de celui-ci chez *Tetris tenuicornis* J. H. Chez les *Acrididæ*, c'est un diverticule antéro-interne du calice de l'ovaire, décrit par Fenard sous le nom de *boyau calicial*. Enfin, chez *G. gryllotalpa*, c'est l'oviducte latéral lui-même qui subit l'hypertrophie glandulaire.

En conclusion, il n'existe dans l'ensemble des Orthoptères que deux organes accessoires fondamentaux, le réceptacle séminal et la glande sébifique ([3]). Ces organes sont toujours des annexes de la poche copulatrice ectodermique et n'ont jamais, contrairement à l'opinion classique, de rapport direct avec l'oviducte médian, même dans le cas où celui-ci a une existence réelle.

BIOMÉTRIE. — *Sur l'équilibre structural et les corrélations organiques chez les Gryllides.* Note ([1]) de M^lle **Germaine Cousin**, présentée par M. Maurice Caullery.

Le type structural des organismes qui appartiennent à un groupement homogène peut être biométriquement défini par quatre caractéristiques essentielles : *dimensions relatives* des organes, leur *allométrie*, leur *variabilité*, leurs *degrés de liaisons* réciproques. Ce sont les liaisons entre organes qui maintiennent l'équilibre morphologique de tout individu du groupement. La recherche des facteurs physiologiques dont dépendent ces liaisons peut être facilitée par une analyse factorielle qui permet de déterminer un schéma de décomposition des influences en facteurs statistiquement indépendants les uns des autres : par exemple, un facteur général commun à tous les caractères et des facteurs de groupes communs à certains caractères seuls, dégagés des corrélations résiduelles, après l'élimination du facteur général. Une telle analyse nécessite des calculs longs et fastidieux. Mais, en première approximation, la mise en évidence de la présence et de la position des facteurs de groupes peut être obtenue par le calcul des corrélations partielles entre les grandeurs des caractères, rapportées à un caractère référence composite : groupement linéaire (pondéré ou non) de différents caractères morphométriques. A titre d'exemple, voici, résumés dans les deux tableaux ci-contre, les résultats obtenus sur deux groupes (201 ♂ et 121 ♀) de *Gryllus campestris* avec $\Sigma 7x$ non pondéré. Ces résultats sont démonstratifs et assez voisins de ceux qu'on obtient par les méthodes Spearmann, avec, toutefois, une majoration sensible des coefficients négatifs.

([3]) Je n'ai pas retrouvé dans les coupes en série, ni chez *G. campestris*, ni chez *G. domesticus*, les *glandes accessoires de la chambre prévulvaire*, signalées par G. Cousin (*Bul. Biol. Fr. Bel.*, 71, 1938, p. 80) chez *Gryllus campestris* L.

([1]) Séance du 10 décembre 1947.

Gryllus campestris mâles											
♂		tête		pronotum			patte		ailes		
		Th	Tt	Pa	Pp	Pl	Fe	Ti	El	Et	Ai
tête	Th		**+6**	2	1	1	1	*1*	*-3*	0	0
	Tt	**+6**		**+4**	1	1	*1*	*-2*	*-5*	*2*	*2*
pronotum	Pa	2	**+4**		**+5**	1	*-3*	*-3*	*-6*	*1*	*2*
	Pp	1	1	**+5**		*1*	*-3*	*2*	*-4*	*1*	*1*
	Pl	1	1	1	*1*		*1*	*-3*	*1*	**+2**	*1*
patte	Fe	1	*1*	*-3*	*-3*	*1*		**+5**	*1*	1	1
	Ti	*1*	*-2*	*-3*	*2*	*-3*	**+5**		*1*	0	**+2**
ailes	El	*-3*	*-5*	*-6*	*-4*	*1*	*1*	*1*		**+3**	**+3**
	Et	0	*2*	*1*	*1*	**+2**	1	0	**+3**		**+2**
	Ai	0	*2*	*2*	*1*	*1*	1	**+2**	**+3**	**+2**	

Gryllus campestris femelles										
♀	tête		pronotum			patte		ailes		
	Th	Tt	Pa	Pp	Pl	Fe	Ti	El	Ai	Ta
Th		**+3**	**+3**	2	2	*1*	*1*	*-3*	*1*	0
Tt	**+3**		**+4**	1	**+3**	*1*	*-3*	*-3*	*2*	*1*
Pa	**+3**	**+4**		**+7**	**+3**	*-3*	*2*	*-4*	*-4*	0
Pp	2	1	**+7**		2	*-5*	*-3*	*-5*	*-4*	*1*
Pl	2	**+3**	**+3**	2		*2*	*-4*	*-2*	0	*1*
Fe	*1*	*1*	*-3*	*-5*	*2*		**+6**	*1*	0	1
Ti	*1*	*-3*	*2*	*-3*	*-4*	**+6**		*2*	*1*	**+3**
El	*-3*	*-3*	*-4*	*-5*	*-2*	*1*	*2*		**+6**	0
Ai	*1*	*2*	*-4*	*-4*	0	0	*1*	**+6**		1
Ta	0	*1*	0	*1*	*1*	1	**+3**	0	1	

D'après les tests de signification, les limites minima des coefficients de corrélation partielle, avec probabilité de 0,99, s'établissent respectivement pour les groupes ♂ et ♀ à 0,185 et 0,235. Les coefficients de corrélation dont les valeurs sont au-dessus des limites de signification sont portés en *grands caractères, gras* pour les valeurs positives, *italiques* pour les négatives. Les petits caractères indiquent les coefficients de corrélation, positifs ou négatifs, dont les valeurs sont au-dessous des limites de signification. Le maintien de ces petites valeurs de coefficients pour les mêmes caractères dans les groupes parallèles peut les rendre nettement significatifs. Afin que le tableau soit plus lisible, les coefficients ont été arrondis à une seule décimale et × 10. Ainsi, 0 correspond aux coefficients compris entre 0 et ±0,04 ; ±1 à ceux compris entre ±0,05 et ±0,14 ... ; 7 à ceux compris entre ± 0,65 et ± 0,74.

Dans les carrés situés sur la diagonale, se trouvent réunis les coefficients de *corrélation organique intragroupe :* tête, pronotum, patte, organes du vol. Ces coefficients sont tous positifs et élevés. En résumé, les liaisons, indépendantes de la taille, sont fortes et positives pour *Th/Tt, Pa/Pp, Ti/Fé, El/Ai, Et/El.*

Parmi les *corrélations intergroupes* positives, on remarque des liaisons nettement significatives entre les caractères de la tête et ceux du pronotum, parties du corps dérivant de l'organisation progressive de métamères voisins. Plus inattendues sont les liaisons positives qui unissent l'organe de ponte et le tibia postérieur, mais qui se trouvent confirmées dans le groupe de *G. bimaculatus.* Toutes les autres liaisons intergroupes sont négatives.

Ces tableaux font ressortir clairement, par les valeurs opposées des corrélations intergroupes, que l'augmentation des dimensions de la tête ou du pronotum est accompagnée d'un raccourcissement des pattes postérieures et des organes du vol. Ces faits ne sont pas isolés, ils s'inscrivent dans un ensemble cohérent de caractéristiques structurales, dérivant des liaisons organiques observées dans différents groupes de Gryllides génétiquement distincts.

Ainsi, l'analyse quantitative des relations organiques intimes met en évidence un principe de compensation ordonnée, que l'analyse factorielle

permet d'évaluer par des corrélations positives et négatives. Ces indications s'accordent avec les vues théoriques de balancement des organes que E. Geoffroy Saint-Hilaire a déduites de l'observation comparée des Vertébrés et de leur développement. En fait, aucune partie de l'organisme n'a d'évolution autonome et toute variation locale du plan structural spécifique se répercute sur les autres parties du système organique. Mais les interrelations ne s'établissent pas d'une manière quelconque. Les compensations jouent entre organes et groupes d'organes qui semblent être toujours parfaitement déterminés.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Étude de la clitocybine, principe antibiotique extrait du* Clitocybe candida. Note ([1]) de MM. **Charles Rivière**, **Maurice Thély** et **Gabriel Gautron**, présentée par M. Maurice Javillier.

Ch. Hollande a établi la présence dans *Clitocybe gigantea* var. *candida* (Bres. Heim) d'un principe antibiotique puissant ([2]) dont nous avons repris l'étude ([3]) et ([4]) en utilisant le mycélium cultivé par bouturages d'une souche obtenue par M. Hollande ([5]). Le mycélium comme le carpophore sont peu riches en principes actifs (2 unités Oxford par gramme). La clitocybine est endocellulaire et diffuse peu dans le milieu de culture; excessivement labile en milieu aqueux même à pH 7, elle présente *in vitro* une activité bactériostatique qui s'est exercée à des dilutions variant de 1/300000 à 1/800000 sur tous les germes étudiés (aérobies ou anaérobies, Gram + ou — et acido-résistants). La grande labilité de la clitocybine peut rendre infidèle le dosage d'activité effectué par la méthode Oxford en bouillon. Aussi avons-nous utilisé de préférence la méthode Heatley en boîte de Pétri par comparaison avec des solutions titrées de pénicilline. Une action antibiotique de la clitocybine a été également constatée sur divers Infusoires (expériences contrôlées par M. Fauré-Frémié) et sur le virus aphteux (avec Louis et Léone Salomon); par contre, divers champignons inférieurs n'y ont pas été sensibles.

Cette activité antibiotique, en somme très générale, de la clitocybine peut être attribuée, d'une part, à une fraction globulinique qui représente 90 % de l'activité totale, et qui, purifiée, titre 8000 unités Oxford par gramme, et

---

([1]) Séance du 10 décembre 1947.

([2]) Ch. Hollande, *Comptes rendus*, **221**, 1945, p. 361 et **224**, 1947, p. 1534.

([3]) Rivière, Thély et Gautron, *Soc. Chim. Biol.*, séance du 4 novembre 1947.

([4]) En collaboration avec Louis et Léone Salomon, *An. des bactér. de langue française*, séance du 4 décembre 1947.

([5]) Les carpophores de *Clitocybe geotropa*, *C. nebularis*, *C. infundibuliformis*, *C. odora* et *Laccaria laccata* var. *amethistea* ont également présenté à l'état frais une activité bactériostatique sur Staphylocoque.

d'autre part, à une fraction éthéro-soluble hétérosidique, qui représente 10 % de l'activité totale, et qui, purifiée, titre 14000 unités Oxford par gramme. Le comportement bactériostatique de ces deux fractions, après diverses purifications ou divers traitements chimiques et physiques, présente une grande similitude, et ceci nous conduit à envisager l'hypothèse d'un principe actif unique pouvant exister soit à l'état hétérosidique, soit à l'état de combinaison protidique.

La clitocybine, en injection sous-cutanée, à la dose de 1/10 d'unité Oxford par gramme d'animal, communique au sang et aux tissus une activité bactériostatique décelable par les méthodes classiques et qui se maintient pendant 4 à 6 heures. Malheureusement, cette dose, répétée deux ou trois fois par jour, entraîne la mort de l'animal avec convulsions et hématurie. Cette toxicité sur cobayes, rats et souris, ou sur infusoires, marche de pair avec l'activité bactériostatique exprimée en unités Oxford, quels que soient les traitements ou purifications effectués. En particulier, on constate une diminution de 35 à 70 % de cette toxicité lorsqu'on inactive une solution de clitocybine (maintien à 37° en milieu aqueux à pH 7, ou à 0° à pH 2 ou 8; traitement par l'alcool méthylique ou éthylique).

Une importante partie de la toxicité de nos extraits de Clitocybe est ainsi étroitement liée à l'activité bactériostatique. En conséquence, nous n'avons pu maintenir plus de quelques heures dans le sang de nos animaux d'expérience le taux bactériostatique minimum vis-à-vis des divers germes étudiés, et par suite, aucun résultat positif n'a pu être enregistré in vivo.

En particulier, nous n'avons pu prévenir ou guérir les infections provoquées par Streptocoque, Pasteurella, bacille de Koch. Cependant, *in vivo*, une action fut obtenue chez des cobayes inoculés de virus aphteux, par traitement à la dose quotidienne de 20 unités : l'apparition des aphtes est retardée pendant toute la durée du traitement; mais à cette dose, la clitocybine entraîne la mort des animaux en 3 à 5 jours sans qu'une guérison définitive ait été obtenue.

Nous n'envisageons pas, contrairement à M. Locquin (6), *une participation de l'acide cyanhydrique ou des glucosides cyanogénétiques de ce Clitocybe* (7) *à l'action bactériostatique de la clitocybine*. En effet, nos extraits purifiés, titrant plus de 10000 unités Oxford par gramme, ne contiennent pas d'acide cyanhydrique, et il est possible de retirer par séjour sous vide à pH 4 tout CNH d'un extrait brut ou purifié, *sans en diminuer ni le titre bactériostatique*, ni la toxicité. Enfin, l'action abiotique de CNH ou d'un glucoside cyanogénétique comme le prulaurasoside, outre qu'elle ne se manifeste sur les bactéries qu'à des concen-

---

(6) M Locquin, *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 893 et *Soc. Chim. Biol.*, séance du 18 novembre 1947.

(7) La présence de ces glucosides nous avait été signalée en janvier 1946 par M. le professeur R. Heim.

trations bien supérieures à celles de la clitocybine, est bactéricide et non bactériostatique.

	Activité Unités Oxford par gramme.	CNH Mg par gr/sec.	CNH. Mg par unité Oxford.
Carpophores secs (Heim)............	25	0,405 (Heim)	0,0162
Mycélium sec.......................	20	0,100	0,0050
Macération aqueuse de mycélium......	10 (*)	0,028 (*)	0,0028
Fraction protidique brute............	2000	1	0,0005
» hétérosidique brute..........	7000	0,042	0,000006
» hétérosidique purifiée........	12000	0	0
Macération aqueuse de mycélium 2 h à pH 4 sous vide...................	10 (*)	0	0
Acide cyanhydrique (CNK à pH 7)....	1000	1000	1
Prulaurasoside (eau distillée de Laurier) Cerise)...........................	0,5 (*)	1 (*)	2

(*) Par centimètre cube.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *L'action de l'iode sur le tryptophane dans les protéines et à l'état libre.* Note [1] de MM. **Jean Roche** et **Raymond Michel**, présentée par M. Maurice Javillier.

L'action de l'iode sur les protéines comporte la fixation de l'halogène à celles-ci et des processus d'oxydation. La première conduit à la formation de diiodotyrosine et de thyroxine (Ludwig et von Mutzenbecher) et probablement à celle de diiodohistidine (Blum et Strauss, Pauly). Hofmeister, puis Blum et Strauss, Bauer et Strauss [2] ont par ailleurs montré que l'ioduration complète des protéines rend négative la réaction d'Adamkiewicz propre au tryptophane dans celles-ci, et divers auteurs, entre autres J. Muus, A. H. Coons et W. Salter [3], en ont inféré que l'indylalanine participe alors à la fixation de l'halogène. Toutefois, pour H. Pauly [4], ce dernier oxyderait le cycle pyrrolique de l'indol sans donner au préalable naissance à un dérivé de substitution. L'action de l'iode sur le tryptophane dans les protéines apparaît donc comme mal définie. Nous avons poursuivi à son sujet des recherches que cette Note résume.

Nous avons d'abord dosé le tryptophane dans des iodocaséines et des iodothyroglobulines halogénées en présence de CO_3NaH à pH 7,4 [5] ou en

(1) Séance du 10 décembre 1947.

(2) F. Hofmeister, *Ztschr. f. physiol. Chem.*, **24**, 1898, p. 159; F. Blum et E. Strauss, *Ztschr. f. physiol. Chem.*, **112**, 1921, p. 111; H. Bauer et E. Strauss, *Biochem. Ztschr.*, **284**, 1936, p. 197.

(3) *J. biol. Chem.*, **139**, 1941, p. 135.

(4) *Ber. d. deutsch. chem. Ges.*, **43**, 1910, p. 2243.

(5) E. P. Reineke et C. W. Turner, *J. biol. Chem.*, **161**, 1945, p. 613.

milieu ammoniacal ([6]), afin de suivre la diminution progressive de son taux en fonction du degré d'ioduration des protéines. Les résultats sont rassemblés ci-dessous :

Nombre d'atomes I mis en œuvre par molécule de tyrosine pour halogéner la protéine.	Caséine iodée. CO_3NaH, pH = 7,4. I (%).	Tryptophane (%).	Caséine iodée. NH_4OH 5 %. I (%).	Tryptophane (%).	Thyroglobuline iodée, CO_3NaH, pH = 4,7. I (%).	Tryptophane (%).
0	0	1,50	0	1,50	0,27	2,50
0,95........	1,95	1,47	–	–	–	–
1,00........	–	–	1,62	1,07	0,50	1,80
2,00........	–	–	–	–	1,41	1,94
2,75........	–	–	4,67	0,60	1,23	1,52
2,83........	5,12	1,31	–	–	–	–
4,50........	6,76	1,09	7,85	0,44	2,06	1,62
6,00........	–	–	–	–	3,52	1,49
6,90........	8,08	0,82	–	–	–	–
7,00........	–	–	11,50	0,33	3,65	1,40
10,00........	9,20	0,33	11,10	0,10	5,17	1,07

L'appauvrissement en tryptophane des protéines est donc d'autant plus grand que leur teneur en iode est plus élevée dans chaque série de produits étudiés; il est par ailleurs plus marqué lorsque la préparation de ceux-ci a été opérée en milieu ammoniacal et dans la caséine plus que dans la thyroglobuline. Cette diminution de la teneur en tryptophane ne doit probablement pas être rattachée à une halogénation de l'acide aminé. En effet, le traitement des iodoprotéines par le stannite de sodium dans les conditions indiquées par E. Brand et B. J. Kassel ([7]) ne modifie pas leur teneur en tryptophane, alors qu'il provoque une régénération de la tyrosine aux dépens de la diiodotyrosine dont il libère l'iode.

Ceci étant, nous avons précisé l'action de l'iode sur le tryptophane en établissant le bilan de l'halogène et des iodures auxquels il donne naissance dans des solutions de l'acide aminé pur. Pareille opération devait permettre d'objectiver une réaction de substitution ou d'oxydation, car la moitié seulement de l'iode mis en œuvre doit apparaître à l'état d'acide iodhydrique dans le premier cas ($RH + I_2 = RI + IH$), la totalité étant réduite dans le second. Afin de choisir entre ces deux éventualités, nous avons fait agir deux à huit atomes d'iode par molécule de tryptophane en milieu faiblement alcalin (CO_3NaH à 3,5 % ou solution tampon de Sörensen borato-boratée 0,5M de pH 8,5) en tube scellé pendant 22 heures à 37° et dosé l'iode libre, les iodures et le tryp-

([6]) P. von Mutzenbecher, *Ztschr. f. physiol. Chem.*, **261**, 1939, p. 253.

([7]) *J. biol. Chem.*, **131**, 1939, p. 489.

tophane en fin d'expérience. Une série des résultats obtenus, citée à titre d'exemple, est reproduite ci-dessous :

Iode mis en œuvre.		Milligrammes de produit trouvé en fin d'expérience.			
Milligrammes dans l'essai (*a*).	Atomes I par molécule de tryptophane.	Tryptophane.	I libre (*b*).	I des iodures (*c*).	Bilan d'I (mg) (*b*+*c*)−*a*.
0	0	51	0	0	0
63,5	2	27,8	0	60	−3,5
127,0	4	10,4	0	125	−2,0
190,5	6	4,5	0	195	+4,5
254	8	1,8	27	219	−8,0

La totalité, à de minimes écarts près, de l'iode réagissant avec le tryptophane est, dans tous les cas, retrouvée à l'état d'iodures. Il en découle qu'il ne se forme pas de dérivé de substitution et que l'halogène se comporte uniquement comme un oxydant de l'indylalanine dans les conditions où, par ailleurs, il se combine à la tyrosine ou à l'histidine. Comme la réaction colorée sur laquelle repose le dosage de l'acide aminé exige l'intégrité du cycle pyrrolique, on peut admettre que l'oxydation porte sur celui-ci.

Conclusion. — L'ioduration des protéines (caséine, thyroglobuline) provoque une diminution de leur teneur en tryptophane due à l'oxydation de cet acide aminé, dont il ne se forme probablement pas alors de dérivé halogéné. Les iodoprotéines ne renferment en quantité notable que de la thyroxine, des iodotyrosines et des iodohistidines, comme acides aminés iodés.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Les antipodes optiques du xylose* (¹) *comme source de carbone pour diverses bactéries* (²). Note de M. **Jacques Nicolle** et M^lle **Yvonne Joyeux**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

Nous publions cette Note pour fixer dès maintenant certains points d'une étude générale que nous poursuivons sur l'isomérie et ses conséquences en biologie.

Nous avons utilisé les antipodes optiques du xylose comme source de carbone dans notre milieu synthétique habituel (³), (⁴). Température de l'étuve, 37°C.

1° De très nombreuses expériences réalisées en partant de plusieurs souches de diverses espèces bactériennes nous conduisent aux résultats qui suivent :

(¹) Produits de la Maison Hoffmann-Laroche, Paris.

(²) Souches de l'Institut Pasteur de Paris.

(³) J. Nicolle, *Comptes rendus*, **218**, 1944, p. 482.

(⁴) A. Lwoff, F. Nitti et M^me Tréfouël, *Ann. Inst. Pasteur*, Paris, **67**, 1941, p. 177.

A. Avec les bacilles : 1, Coli; 2, Protéus; 3, Friedländer; 4, Typhi murium; 5, Megaterium; 6, Aertriche; 7, Gartner; 8, Paratyphique B; nous obtenons :

En présence de d-xylose, une croissance normale entre 24 et 48 heures suivant le cas.

En présence de l-xylose, aucune croissance n'a pu être observée.

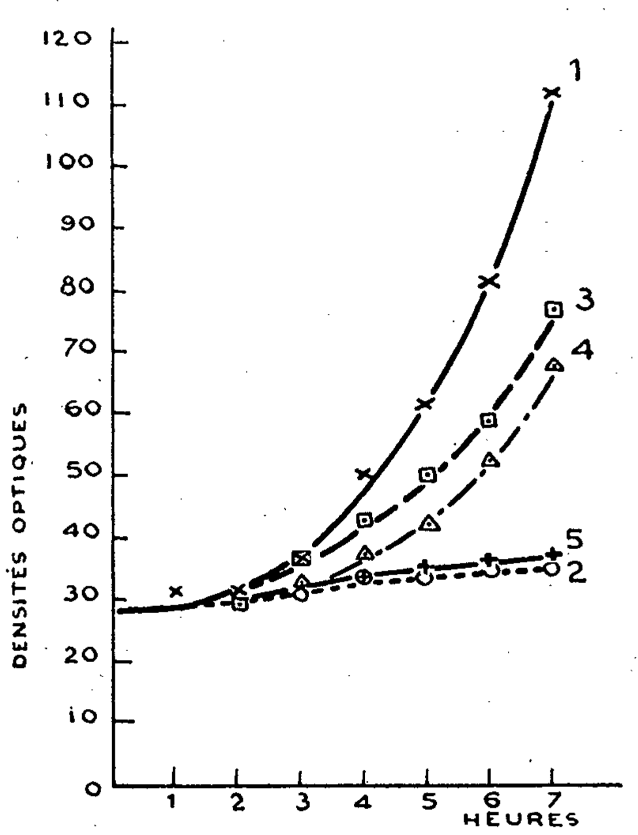


Fig. 1. — 1, *d*-glucose; 2, *d*-arabinose; 3, *l*-arabinose; 4, *d*-xylose; 5, *l*-xylose.

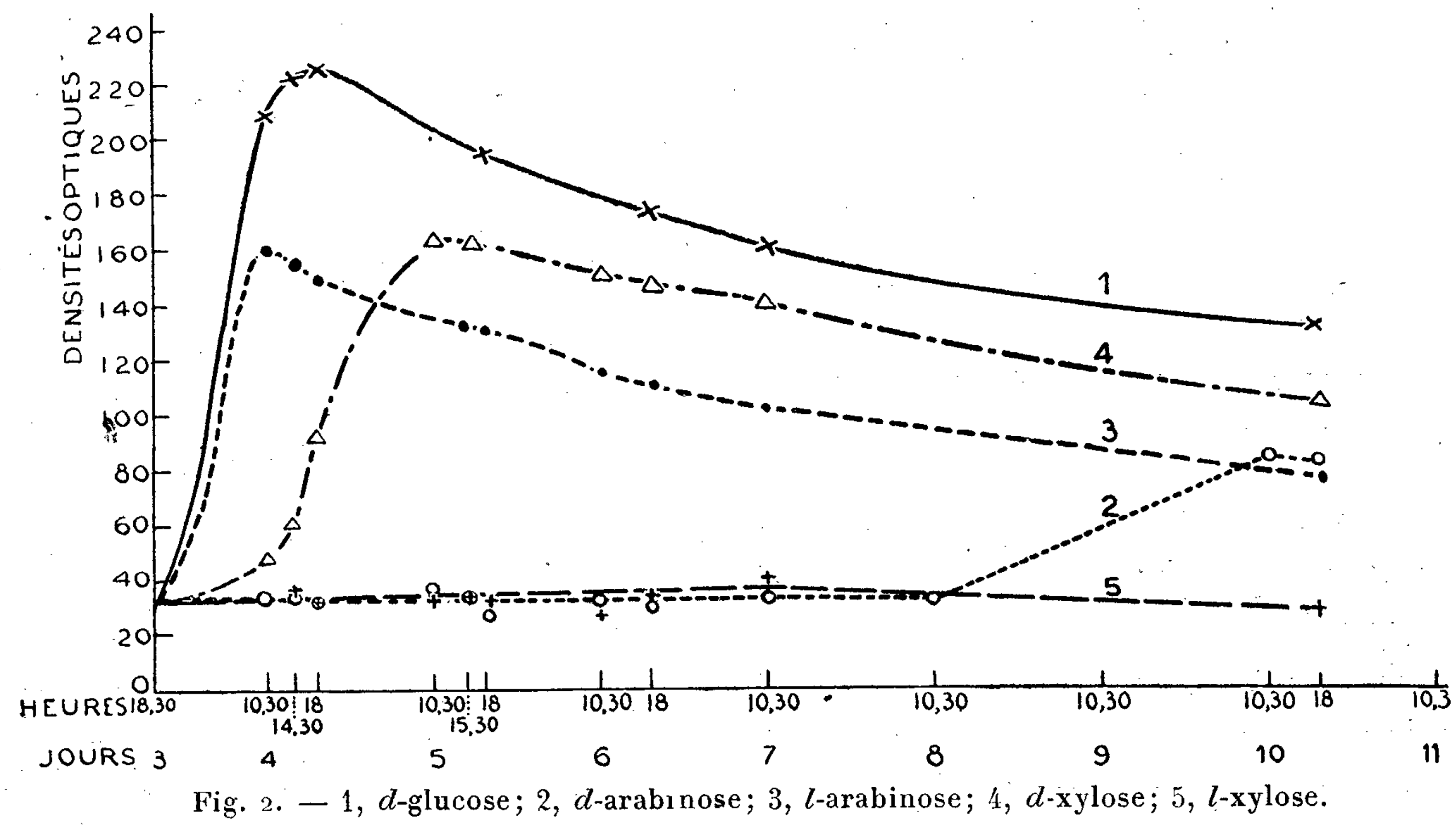


Fig. 2. — 1, *d*-glucose; 2, *d*-arabinose; 3, *l*-arabinose; 4, *d*-xylose; 5, *l*-xylose.

B. Avec les bacilles : 9, Typhique; 10, Paratyphique A.; 11, Shiga; 12, Flexner; 13, Subtilis; 14, Pyocyanique; nous obtenons :

En présence de d-xylose, aucune croissance n'a pu être observée (sauf pour une souche de Typhique et pour une de Subtilis après 5 jours).

En présence de l-xylose, aucune croissance n'a pu être observée.

Il est à noter que les observations relatives aux cultures qui ne présentaient aucune croissance ont été poursuivies dans tous les cas pendant plusieurs semaines.

2° Nous donnons ici les courbes comparatives de croissance d'une souche de Typhi murium sur les antipodes optiques de l'arabinose et du xylose (avec *d*-glucose comme témoin). La figure 1 montre le début de la croissance, suivie d'heure en heure. La figure 2 donne les résultats d'une expérience pendant 10 jours. Nous avons porté en abscisses les temps (en heures et jours) et en ordonnées les densités optiques suivant les mesures effectuées au moyen de l'électrophotomètre de Meunier (raie verte).

Le classement des courbes de croissance se fait dans l'ordre suivant en fonction du temps : *d*-glucose, *l*-arabinose, *d*-xylose, *d*-arabinose et *l*-xylose (pas de croissance).

Conclusion. — Nous voyons donc que les espèces bactériennes étudiées, aussi bien celles qui acceptent le *d*-xylose que celles qui ne s'en accommodent pas, ne semblent pas pouvoir utiliser l'antipode optique dont la disposition des divers groupements dans l'espace paraît être incompatible avec l'orientation des enzymes des bactéries. Ceci est contraire à ce qui se passe pour l'arabinose (3) ou l'alanine (source d'azote et/ou de carbone) (5), cas dans lesquels nous avons constaté seulement des grandes différences de vitesse dans les croissances comparatives sur les deux antipodes.

Si le *d*-xylose ne semble pas exister à l'état libre dans la nature, on le rencontre, cependant, sous forme de xylanes dans les végétaux, alors que le *l*-xylose ne paraît pas y avoir été décelé même sous forme de composés.

MICROBIOLOGIE. — *Action antibiotique exercée sur le colibacille par l'acide paraaminobenzoïque pur et associé à la pénicilline ou à la streptomycine.* Note (1) de MM. **Raoul Lecoq et Jean Solomidès**, présentée par M. Emmanuel Leclainche.

Les propriétés antibiotiques de l'acide paraaminobenzoïque sont relativement peu connues. Elles ont été récemment étudiées *in vitro* sur le bacille d'Eberth et *in vivo* sur le bacille de Koch (Di Fonzo). Par ailleurs, l'activité bactériostatique synergique de la pénicilline et de l'acide paraaminobenzoïque ou de la biotine (substances douées de propriétés vitaminiques H) s'exerçant sur des bacilles pénicillino-résistants a été établie chronaxiquement, puis cliniquement, par Lecoq et ses collaborateurs. Nous avons pensé qu'il serait intéressant de reprendre ce problème et de rechercher l'influence de l'acide paraaminobenzoïque pur et associé à la pénicilline ou à la streptomycine sur le développement *in vitro* du colibacille.

(5) J. Nicolle, *Comptes rendus*, 220, 1945, p. 862.

(1) Séance du 24 novembre 1947.

I. Tout d'abord, nous avons recherché le pouvoir bactériostatique de l'acide paraaminobenzoïque (sous forme de sel sodique). Celui-ci a été titré par la méthode des dilutions en bouillon de viande peptoné. Pour cela, des quantités croissantes de solution de paraaminobenzoate de sodium (vitamine H) ont été introduites dans des tubes contenant 9 à 10^{cm^3} de bouillon, qui furent ensuite ensemencés ainsi que deux tubes témoins (sans addition) au moyen de $0^{cm^3},1$ d'une culture de colibacilles de 24 heures, préalablement diluée à 1/10000 dans du bouillon. Les résultats ont été notés, chaque fois, après 18 à 20 heures d'étuve. On constate dans ces conditions que le colibacille se développe bien à des concentrations égales ou inférieures à 1/150, ainsi que dans les tubes témoins ne contenant pas de paraaminobenzoate, alors qu'aucune culture ne s'observe avec des concentrations égales ou supérieures à 1/130.

II. Secondairement, nous avons étudié l'action de la vitamine H sur le pouvoir bactériostatique de la pénicilline. Dans la nouvelle série d'expériences ce pouvoir fut étudié, au moyen d'additions d'une solution de pénicilline titrant 10000 U. O. par cm^3, en bouillon ordinaire d'une part, et en bouillon additionné de 1/150 de paraaminobenzoate d'autre part. Dans les deux opérations, nous servant chaque fois de la même pipette graduée, nous avons utilisé les mêmes dilutions de pénicilline et toujours pratiqué l'ensemencement avec $0^{cm^3},1$ d'une même culture de colibacilles diluée à 1/10000. Après 18 à 20 heures d'étuve, on observe, dans ces conditions, que l'inhibition du colibacille se fait dans les tubes sans vitamine H à des dilutions relativement fortes (jusqu'à 1/250), alors qu'en présence de paraaminobenzoate, le colibacille est inhibé à des dilutions beacoup plus faibles (jusqu'à 1250). Bien entendu, dans ce dernier cas, le développement du colibacille est abondant dans les tubes témoins contenant 1/150 de vitamine H sans pénicilline.

Quand la concentration de la vitamine H devient trop faible, si par exemple le taux de la dilution atteint 1/500, on constate alors que la pénicilline arrête le développement du colibacille sensiblement aux mêmes concentrations que dans les tubes témoins ne contenant pas de paraaminobenzoate. Avec une dilution de 1/250, l'effet inhibiteur de la pénicilline vis-à-vis du colibacille se manifeste pour des concentrations de pénicilline 2 à 3 fois plus faibles que celles qui sont nécessaires pour produire le même effet en l'absence de vitamine H.

Les résultats obtenus peuvent se résumer comme il suit :

Teneur du bouillon en paraaminobenzoate....	1/150	1/250	1/500	0
Dilution bactériostatique de la pénicilline....	1/1250	1/750	1/250	1/250
Dilution active de la pénicilline exprimée en unités Oxford par cm^3..................	80	133	400	400

La quantité de colibacilles introduite dans l'ensemencement des cultures n'est pas indifférente. C'est ainsi qu'avec des doses massives, $0^{cm^3},1$ d'une culture diluée à 1/100 par exemple au lieu de 1/10000, les résultats deviennent peu nets, et l'action de la vitamine H sur le pouvoir anticolibacillaire de la

pénicilline est masquée, la dilution active de la pénicilline restant dans les deux cas, en présence et en l'absence de la vitamine H, sensiblement la même. Toutefois, avec des cultures diluées à 1/500, l'action de la vitamine H sur le pouvoir antibiotique de la pénicilline pour le colibacille réapparaît déjà avec netteté.

III. Enfin, dans une troisième série d'expériences, nous avons essayé de mettre en évidence l'action de la vitamine H sur le pouvoir antibacillaire de la streptomycine. Comme dans les déterminations précédentes, nous avons titré une solution de streptomycine en bouillon de viande peptoné- d'une part, et en bouillon contenant 1/150 de paraaminobenzoate, d'autre part, utilisant dans les deux cas les mêmes dilutions, l'ensemencement de chaque tube étant effectué avec $0^{cm^3},1$ d'une culture de colibacilles diluée à 1/10000. On observe, dans ces conditions, qu'en présence de vitamine H le pouvoir bactériostatique de la streptomycine vis-à-vis du colibacille s'obtient avec des dilutions 2 à 3 fois plus élevées qu'avec les bouillons témoins sans vitamine H. Ainsi, en présence de 1/150 de paraaminobenzoate de sodium, le titrage donne 2 ou 3 fois plus d'unités S que la solution de streptomycine n'en contient réellement; nous avons trouvé :

Streptomycine titrée en bouillon ordinaire : 30000 U.S.

Streptomycine titrée en bouilon additionné de 1/150 de paraaminobenzoate : 60000 à 90000 U.S.

Conclusions. — L'acide paraaminobenzoïque (vitamine H), utilisé sous la forme de son sel sodique, exerce *in vitro* et à des dilutions convenables une action antibiotique certaine sur le colibacille.

Ajouté en quantité satisfaisante, l'acide paraaminobenzoïque renforce en outre sensiblement le pouvoir bactériostatique de la pénicilline et de la streptomycine sur le colibacille (2 à 4 fois selon les conditions expérimentales.)

Ces résultats confirment la synergie pénicilline-vitamine H mise en évidence par Lecoq, Chauchard et Mazoué et justifient l'emploi fait par Lecoq et ses collaborateurs d'une solution de paraaminobenzoate comme solvant de la pénicilline dans le traitement des colibacilloses.

Ils établissent, en outre, l'existence d'une synergie acide paraaminobenzoïque-streptomycine qui, elle aussi, peut être utilisée dans la pratique médicale.

MICROBIOLOGIE. — *Acclimatation des microbes aux arséniates.*
Note (¹) de M. **Frédéric Diénert**, présentée par M. Maurice Javillier.

Acclimater un microbe à un antiseptique, c'est lui mettre une étiquette pour le suivre dans un milieu où il peut être mélangé à des microbes de même espèce mais de provenance différente. On sait depuis longtemps acclimater

(¹) Séance du 10 décembre 1947.

des microbes ou des levures à certains antiseptiques comme les fluorures, l'acide sulfureux et même aux arséniates. On prétend que pour ces derniers l'acclimatation a pour résultat une augmentation du pouvoir réducteur du microbe qui dégage de l'hydrogène sulfuré et se défend en transformant les arséniates en sulfure d'arsenic.

Quel que soit le mécanisme de cette acclimatation, on arrive facilement à acclimater certains microbes, comme le *B. coli*, à 10 % d'arséniate de potassium.

En réalité l'arséniate de potassium ne tue pas le *B. coli* non acclimaté, mais empêche sa multiplication puisque le microbe se développe si on le transporte dans un milieu non arséniaté. Peu à peu cependant une culture de *B. coli* abandonné dans un milieu à 10 % d'arséniate arrive à se désacclimater progressivement à l'arséniate et 2 ou 3 mois après, en bouillon de peptone, le microbe n'est pas tué, mais ne peut pousser dans un bouillon contenant 1 % d'arséniate. Mis en suspension dans l'eau, le microbe acclimaté se désacclimate comme s'il était resté en bouillon arséniaté. L'acclimatation persiste plus de 8 mois si le microbe est cultivé sur gélose contenant 10 % d'arséniate.

Cependant certains germes n'avaient pu être jusqu'ici acclimatés aux arséniates, tels sont le *b.* d'Eberth et le paratyphique B, tandis que le paratyphique A se comporte comme le *B. coli*.

Le *b.* d'Eberth et le paratyphique B ne commencent à s'acclimater à 0,50 % d'arséniate que si le milieu renferme au moins 3 % de phosphate de potassium. Chaque jour on fait des repiquages en ajoutant chaque fois 0,50 % d'arséniate au milieu à ensemencer jusqu'à ce qu'on parvienne à 2 % d'arséniate. Au-dessus de cette dose, on constate un ralentissement de l'acclimatation, mais, si l'on supprime le phosphate du milieu de culture, le microbe s'acclimate à nouveau très facilement. Le phosphate a donc été l'excitateur de la mise en route de la réaction de la cellule microbienne. Il devient plutôt nuisible par la suite, car il ralentit très sensiblement la vitesse d'acclimatation jusqu'à 10 % d'arséniate (25 jours au lieu de 8 jours) et en présence du phosphate la désacclimatation est extrêmement rapide (environ 10 à 15 jours). L'influence des phosphates agissant comme stimulant temporaire d'une réaction biologique est intéressante à signaler, car elle montre la complexité des phénomènes d'adaptation de la cellule.

A 16h l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16h 45m.

A. Lx.

FIN DU TOME DEUX-CENT-VINGT-CINQUIÈME.

ERRATA.

(Séance du 15 septembre 1947.)

Note de M. *Aryeh Dvoretzky*, Les coefficients d'une fonction univalente et le domaine étalé :

Page 448, ligne 7 du haut, formule 3, *au lieu de* O, *lire* o;
» » » 17 du bas, » III, » O(1), *lire* o(1);
» » » 14 » , » I' » O, *lire* o (deux fois).

Note de M. *Aryeh Dvoretzky*, Sur les suites d'exposants à densité supérieure finie :

Page 482, ligne 14 du haut, formule 3, *au lieu de* D^{*}, *lire* $\overline{D}^{*}$ (deux fois).

Note de MM. *Aryeh Dvoretzky* et *Hanani Chojnacki*, Sur les changements des signes des termes d'une série à termes complexes :

Page 516, noms des Auteurs, *au lieu de* Arye Dvoretzky, *lire* Aryeh Dvoretzky, et *au lieu de* Hanani Chojnacki, *lire* Chaim Hanani (Chojnacki).

Page 517, Note (4), au bas de la page, *au lieu de* Cf. (2), *lire* Cf. (3).

(Séance du 20 octobre 1947.)

Note de M. *Paul Fleury* et Mlle *Jacqueline Jolly*, Sur le comportement des chloraloses α et β vis-à-vis de l'acide periodique et sur la constitution de ces composés :

Page 689, 2e formule, *au lieu de* Shown, *lire* Coles, Goodhue, Hixon, auteurs qui ont également proposé la 5e formule pour expliquer certaines réactions anormales du chloralose.

Page 690, 18e ligne, *au lieu de* si l'on adopte la formule de Shown, *lire* si l'on adopte la formule de Coles, Goodhue et Hixon, utilisée par Shown.

(Séance du 24 novembre 1947.)

Note de M. *André Charrueau*, Sur des congruences de droites ou de courbes déduites d'une surface quelconque :

Page 1057, ligne 6, *au lieu de* D_1, *lire* D_1;
» » , » 22, *au lieu de* ellipse, *lire* circonférence·

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

PUBLICATIONS PÉRIODIQUES REÇUES PENDANT LES ANNÉES 1945, 1946 ET 1947.

L'Académie des sciences exprime ses remercîments aux Établissements qui lui ont envoyé leurs Publications.

La cote qui suit le titre de chaque périodique est celle de l'*Inventaire des périodiques scientifiques des bibliothèques de Paris* (¹); les cotes du supplément I de cet inventaire portent un indice en chiffres, celles du supplément II, un indice en lettres.

Le titre des périodiques nouvellement créés est inscrit en caractères gras.

EUROPE.

France.

ANGERS. — Facultés catholiques de l'Ouest : *Bulletin*.

— Université catholique de l'Ouest : **Recherches et travaux.**

AVIGNON. — *Cahiers de pratique médico-chirurgicale*, C 3^2.

BESANÇON. — *Annales françaises de chronométrie*, A 1096^A.

BORDEAUX. — Société des sciences physiques et naturelles : *Procès-verbaux des séances*, P 642.

CHAUNY (Aisne). — Secteur électrique de la vallée de l'Oise : *Assemblée générale ordinaire*.

CLERMONT-FERRAND. — Société de physique biologique de France : *Archives de physique biologique; Comptes rendus des séances*, A 2142.

CLICHY. — Établissements Debray : *Assemblée générale des actionnaires*.

LE MANS. — Société d'agriculture, sciences et arts de la Sarthe : *Bulletin*, B 1735.

LYON. — Compagnie de produits chimiques et et électrométallurgiques Alais, Froges et Camargue : *Assemblées générales ordinaires et extraordinaires*.

— Société d'exploitations et d'intérêts chimiques et métallurgiques : *Assemblée générale ordinaire*.

— Société lyonnaise des forces motrices du Rhône : *Rapport à l'Assemblée générale ordinaire annnelle*.

— *Diagnostics et traitements*.

— *Pédiatrie. Revue mensuelle de médecine et de chirugie infantile, de puériculture et d'hygiène*, P 94.

— *Revue médico-chirurgicale des maladies du foie, pancréas-rate*, R 1450^A.

(¹) Paris, Masson, 1924-1925; 4 fasc. et 2 suppléments (1929-1939), 23cm.

MARSEILLE. — Association des porteurs d'actions et d'obligations de l'Industrie électrique : *Bulletin.*

— Association des travailleurs scientifiques : *Bulletin.*

— Compagnie française de l'Afrique occidentale : *Assemblée générale ordinaire des actionnaires.*

— Corps de santé colonial : *Médecine tropicale.*

— Faculté des sciences : *Annales,* A 310.

— Musée colonial : *Annales,* A 865.

— *Journal des observateurs,* J 607.

— *Marseille médical,* U 46.

MULHOUSE. — Société industrielle : *Bulletin,* B 1634.

NANCY. — École nationale des eaux et forêts et Station de recherches et expériences forestières : *Annales,* A 854¹.

NOGENT-SUR-MARNE. — Ministère des Colonies. Direction de l'agriculture, de l'élevage et des forêts : L'agronomie tropicale; *Travaux de la Section technique d'agriculture tropicale.*

PARC-SAINT-MAUR. — Institut de physique du globe. Observatoire géophysique du Parc-Saint-Maur : *Bulletin séismique,* I 240ᴬ.

PARIS. — Académie d'agriculture de France : *Comptes rendus hebdomadaires des séances,* B 1861.

— Académie de médecine : *Bulletin,* B 894.

— Académie de pharmacie : *Annales pharmaceutiques françaises.*

— Académie des sciences : *Annuaire,* I 235; *Comptes rendus hebdomadaires des séances,* C 758; *Mémoires,* H 69.

— Agence France-Presse : *Information et documentation.*

— Agence Havas : *Assemblée générale ordinaire.*

— Air liquide : *Assemblée générale ordinaire.*

— Association amicale des anciens élèves de l'École centrale des arts et manufactures : *Bulletin,* B 914; *Communications.*

— Association française pour l'avancement des sciences : [*Publications*].

— Ateliers de construction du nord de la France : *Rapport du Conseil d'administration et de la Commision de contrôle.*

— Banque de France : *Assemblée générale des actionnaires,* B 14².

— Banque de l'Algérie : *Assemblée générale ordinaire; Compte rendu de l'exercice.*

— Banque franco-polonaise : *Assemblée générale ordinaire.*

— Banque de Paris et des Pays-Bas : *Assemblée générale ordinaire.*

— Banque des Pays de l'Europe centrale : *Assemblées générale et spéciale des actionnaires; Assemblée des porteurs de parts; Assemblée générale ordinaire.*

— Banque ottomane : *Rapport présenté à l'Assemblée générale des actionnaires.*

— Bon marché (Au) : *Assemblées générales.*

— Bureau des Longitudes : *Annuaire,* A 1370; *Connaissance des temps ou des mouvements célestes à l'usage des astronomes et des navigateurs,* C 921; *Éphémérides nautiques ou extraits de la Connaissance des temps,* C 921.

— Bureau d'études géologiques et minières coloniales : *La chronique des mines coloniales,* C 378ᴬ.

— Centre de recherches et d'études pédagogiques : *Abeona, Cahiers du centre de recherches,*

— Centre national de la Recherche scientifique : *Bulletin analytique.*

— Id. Service de recherches d'astrophysique : *Annales d'astrophysique.*
— Chambre de commerce belge : *Bulletin officiel.*
— Comité électrotechnique français et Union technique des syndicats de l'électricité : *Revue générale de l'Électricité*, L 183.
— Comité national de l'organisation française : *Revue mensuelle*, B 1982[A].
— Compagnie bourguignonne de transport d'énergie : *Assemblée générale ordinaire.*
— Compagnie d'assurances générales (accidents, vols maritimes, risques divers) : *Compte rendu de l'Assemblée générale des actionnaires.*
— Id. (incendie et explosions) : *Compte rendu à l'Assemblée générale des actionnaires.*
— Id. (vie) : *Comptes rendus à l'Assemblée générale des actionnaires.*
— Compagnie de Fives-Lille : *Assemblée générale ordinaire des actionnaires.*
— Compagnie des Chemins de fer de l'Ouest : *Rapport du Conseil de liquidation et de la Commission de contrôle des comptes de l'Assemblée générale ordinaire et extraordinaire des actionnaires.*
— Compagnie des Chemins de fer de Paris à Lyon et à la Méditerranée : *Assemblée générale ordinaire; Rapport du Conseil d'administration.*
— Compagnie des Chemins de fer du Midi : *Rapport du Conseil d'administration*, R 71.
— Compagnie des eaux et d'électricité de l'Indochine : *Assemblées générales ordinaire et extraordinaire.*
— Compagnie des minerais de fer magnétique de Mokta el Hadid : *Assemblées générales ordinaire et extraordinaire.*
— Compagnie des Mines d'Aniche : *Assemblée générale des actionnaires.*
— Compagnie des Mines d'Anzin : *Compte rendu de l'Assemblée générale ordinaire.*
— Compagnie des Mines de Bruay : *Rapport aux actionnaires.*
— Compagnie des Mines de houille de Courrières : *Rapport du Conseil d'administration.*
— Compagnie des Mines de houille de Marles : *Assemblée générale ordinaire.*
— Compagnie des Mines d'Ostricourt : *Assemblée générale ordinaire.*
— Compagnie des Tramways de Paris et du Département de la Seine : *Assemblées générales extraordinaire et ordinaire.*
— Compagnie du Soleil : *Assemblée générale ordinaire des actionnaires.*
— Compagnie du Chemin de fer de Paris à Orléans : *Rapports du Conseil d'administration et de la Commission de vérification des comptes*, R 57.
— Compagnie française de matériel de chemin de fer : *Assemblée générale de vérification de souscription et de versement; Assemblées générales ordinaire et extraordinaire.*
— Compagnie française des câbles télégraphiques : *Assemblée générale ordinaire.*
— Compagnie française des chemins de fer de la province de Santa-Fé : *Assemblée générale ordinaire des actionnaires.*
— Compagnie française des métaux : *Assemblées générales ordinaire et extraordinaire.*
— Compagnie française de tramways et d'éclairage électriques de Shanghaï : *Assemblée générale ordinaire.*
— Compagnie générale d'assurances contre les accidents, l'incendie et les risques divers : *Compte rendu à l'Assemblée générale des actionnaires.*
— Compagnie générale d'entreprise automobiles : *Rapports présentés à l'Assemblée générale ordinaire.*
— Compagnie générale des omnibus de Paris : *Rapports du Conseil d'administration et des Commissaires; Assemblée générale extraordinaire.*

— Compagnie générale de télégraphie sans fil : *Assemblée générale ordinaire annuelle.*
— Compagnie générale du gaz pour la France et l'étranger : *Assemblée générale ordinaire des actionnaires.*
— Comptoir central de crédit à Paris : *Rapport du Conseil d'administration à l'Assemblée générale ordinaire.*
— Comptoir national d'escompte de Paris : *Rapport présenté par le Conseil d'administration.*
— Congrès national de l'aviation française. Application de l'aviation à la recherche scientifique : *Rapport.*
— Conservatoire national des arts et métiers. Laboratoire d'essai : *Bulletin*, B 2001; *Publications.*
— Crédit foncier d'Algérie et de Tunisie : *Assemblée générale ordinaire.*
— Crédit foncier de l'Indochine : *Assemblée générale ordinaire.*
— Crédit Lyonnais : *Rapport du Conseil d'administration à l'Assemblée générale ordinaire.*
— Docks rémois : *Assemblée générale ordinaire des actionnaires.*
— Électricité de la Seine : *Assemblée générale ordinaire.*
— Énergie électrique du littoral méditerranéen : *Assemblée générale ordinaire.*
— Établissements Debray : *Assemblée générale des actionnaires.*
— Établissements G. Leroy : *Assemblée générale ordinaire.*
— Établissements Hutchinson : *Assemblée générale ordinaire.*
— Établissements Julien Damoy : *Rapport du Conseil d'administration.*
— Établissements Kuhlmann : *Assemblée générale ordinaire.*
— Fédération nationale de la presse française : La presse française.
— Fédération nationale des syndicats d'ingénieurs et de cadres supérieurs : *Circulaire d'information.*
— Fichet, Beau et Cie : *Assemblée générale ordinaire.*
— Fly Tox (le) : *Assemblée générale ordinaire des actionnaires.*
— Foncière (la), Compagnie d'assurances contre l'incendie : *Assemblée générale ordinaire.*
— Id. Compagnie d'assurances sur la vie : *Assemblée générale ordinaire.*
— Foncière-Transports (la) : *assemblées générales ordinaire et extraordinaire.*
— Forges et ateliers de constructions électriques de Jeumont : *Assemblées générales ordinaire et extraordinaire.*
— Gaveau et Cie : *Assemblée générale des actionnaires.*
— Givet-Izieux : *Assemblées générales ordinaire, extraordinaire et des porteurs.*
— Gouvernement provisoire de la République française : *Bulletin d'information et de documentation.*
— Imprimerie Chaix : *Assemblées générales des actionnaires.*
— Institut de physique du globe. Observatoire géophysique : *Voir* PARC-SAINT-MAUR.
— Institut d'astrophysique : *Contributions.*
— Institut de recherches du coton et des textiles exotiques : *Coton et fibres tropicales.*
— Institut des actuaires français : *Bulletin trimestriel*, B 1014.
— Institut Henri Poincaré : *Annales*, A 870.
— Institut océanographique : *Annales*, 873.
— Institut Pasteur : *Annales*, A 874.
— La Brosse et J. Dupont réunis : *Assemblée générale ordinaire.*
— Laboratoire du bâtiment et des travaux publics : *Compte rendu des recherches effectuées en...*

— Ligue française contre le cancer : *La lutte contre le cancer.*
— Louvroil-Montbard-Aulnoye : *Assemblée générale ordinaire.*
— Manufacture des glaces et produits chimiques de Saint-Gobain, Chauny et Cirey : *Assemblées générales.*
— Métal déployé : *Assemblée générale ordinaire.*
— Mines de Kali Sainte-Thérèse : *Assemblée générale ordinaire.*
— Ministère de la production industrielle et du travail. Direction de la propriété industrielle : *Bulletin officiel de la propriété industrielle*, C 98.
— Ministère de l'agriculture. Caisse nationale de Crédit agricole : *Rapport sur l'activité du crédit agricole mutuel pendant l'année...*
— Ministère des colonies. Direction de l'agriculture, de l'élevage et des forêts : *Voir* NOGENT-SUR-MARNE.
— Id. Office de la recherche scientifique coloniale : *Rapport d'activité.*
— Observatoire de Paris : *Bulletin astronomique*, B 854.
— Office international d'hygiène publique : *Bulletin mensuel*, B 1042.
— Préfecture de la Seine. Statistique départementale et communale : *Annuaire statistique de la Ville de Paris*, A 1618.
— Préfecture de police. Direction de l'hygiène, de la protection de l'enfance et du travail : *Rapport sur les opérations du service d'inspection des établissements classés dans le département de la Seine*, R 111 *bis.*
— Presses universitaires de France : *Assemblée générale; Bulletin trimestriel; Moisson de l'esprit.*
— Raffinerie François : *Rapport du conseil d'administration.*
— Services américains d'information : *Publications.*
— Id. Section de presse : *Le document de la semaine.*
— Service de santé de l'air : La médecine aéronautique.
— Service hydrographique de la Marine. Section de documentation [*Publications*].
— Société anonyme de l'annuaire du commerce Didot Bottin : *Assemblées générales ordinaire et extraordinaire.*
— Société anonyme des matières colorantes et produits chimiques de Saint-Denis : *Assemblée générale ordinaire.*
— Société anonyme des mines de houille de Blanzy : *Assemblée générale ordinaire.*
— Société anonyme des mines et fonderies de Pontgibaud : *Assemblée générale ordinaire.*
— Société anonyme des transports automobiles industriels et commerciaux : *Assemblée générale ordinaire.*
— Société astronomique de France : *L'Astronomie*, A 2471 ; *Circulaire.*
— Société civile des propriétaires de parts de la Société des mines et usines de Salsigne : *Assemblée générale ordinaire.*
— Société de biologie : *Comptes rendus des séances*, C 675.
— Société de chimie industrielle : *Chimie et Industrie*, C 342.
— Société de chimie physique : *Journal de chimie physique*, J 368.
— Société de géographie : *Annales de géographie*, A 837; *La Géographie*, C 233.
— Société d'encouragement pour l'industrie nationale : *Conférences* [*Publications*].
— Société de pathologie exotique et de ses filiales : *Bulletin*, B 1488.
— Société de physique biologique de France : *Voir* CLERMONT-FERRAND.
— Société des anciens élèves des écoles nationales d'arts et métiers : *Ingénieurs arts et métiers*, A 1400 et B 2506.

— Société des ciments français : *Compte rendu des Assemblées générales extraordinaires des actionnaires.*
— Société des ingénieurs civils de France : *Bulletin*, B 1537; *Mémoires*, M 583.
— Société des ingénieurs professionnels de France : *La technique appliquée.*
— Société des phosphates tunisiens et des engrais et produits chimiques : *Assemblées générales ordinaires et extraordinaires.*
— Société des usines chimiques Rhône-Poulenc : *Assemblée générale ordinaire.*
— Société d'optique et de mécanique de haute précision : *Assemblée générale ordinaire.*
— Société du Louvre : *Assemblée générale ordinaire.*
— Société foncière du Paraguay : *Assemblée générale ordinaire et extraordinaire.*
— Société française de photographie et de cinématographie : *Photographie et cinématographie* (*Bulletin*), B 1608.
— Société française de Reports et Dépôts : *Assemblée générale ordinaire.*
— Société française des distilleries de l'Indochine : *Assemblée générale annuelle des actionnaires.*
— Société française des électriciens : *Bulletin*, B 1644.
— Société française des ingénieurs techniciens du vide : **Le vide technique. Applications.**
— Société française de sucreries au Chili : *Assemblée générale annuelle des actionnaires.*
— Société franco-hellénique d'exploitation du port de Salonique : *Assemblée générale ordinaire.*
— Société générale de constructions électriques et mécaniques Als-Thom : *Assemblée générale ordinaire.*
— Société générale de crédit industriel et commercial : *Assemblée générale des actionnaires.*
— Société générale des cirages français : *Rapports du Conseil d'administration et des commissaires.*
— Société générale des compteurs de voitures (taximètres) : *Rapports du Conseil d'administration et du Commissaire aux comptes à l'Assemblée générale ordinaire annuelle.*
— Société géologique de France : *Bibliographie des sciences géologiques*, B 245[1]; *Bulletin*, B 1619; *Compte rendu sommaire des séances*, C 767; *Mémoires*, M 535.
— Société havraise d'énergie électrique : *Assemblée générale ordinaire.*
— Société industrielle des transports automobiles « Sita » : *Assemblée générale ordinaire.*
— Société mathématique de France : *Bulletin*, B 1658.
— Société nantaise d'électricité : *Assemblée générale ordinaire.*
— Société nouvelle des charbonnages des Bouches-du-Rhône : *Assemblée générale.*
— Société nouvelle des glacières de Paris : *Assemblée générale ordinaire.*
— Société Saint-Quentinoise d'éclairage et de chauffage : *Assemblée générale ordinaire.*
— Société Saint-Raphaël : *Assemblées générales extraordinaire et ordinaire.*
— Société de pharmacie de Paris et de province : *Annales pharmaceutiques françaises.*
— Syndicat national des cadres des contributions directes et du cadastre : *Bulletin.*
— Textiles artificiels du Sud-Est : *Assemblées générales ordinaire et extraordinaire.*
— Tréfileries et Laminoirs du Havre : *Assemblées générales ordinaire et extraordinaire.*

— Union. Compagnie d'assurances contre l'incendie, les accidents et risques divers : *Compte rendu à l'Assemblée générale des actionnaires,*

— Union d'électricité : *Assemblée générale ordinaire.*

— Union européenne industrielle et financière : *Assemblée générale ordinaire.*

— Union nationale des intellectuels : *Bulletin.*

— Union sociale d'ingénieurs catholiques : *Écho* (*Documents et informations*), E 18.

— Union technique des syndicats de l'Électricité : *Voir* Comité électrotechnique français et Union technique des syndicats de l'Électricité.

— Urbaine (L'). Compagnie d'assurances contre l'incendie : *Comptes rendus des opérations à l'Assemblée générale ordinaire des actionnaires.*

— Urbaine et la Seine (L') : *Compte rendu des opérations de la Compagnie à l'Assemblée générale ordinaire des actionnaires.*

— *Annales de chimie,* A 832.

— *Annales de géographie,* A 837.

— **Annales de géophysique.**

— *Annales de physique,* A 832.

— *Annales des épiphyties,* A 1090.

— *Annales des ponts et chaussées,* A 1473.

— *Anthropologie* (*L'*), M 129.

— *Archives de médecine et de pharmacie navales,* A 2134.

— *Bulletin critique du livre français.*

— *Bulletin d'information de la B. Q. X.-thérapie.*

— *Bulletin des sciences mathématiques,* B 1843.

— *Économie* (*L'*) (supplément).

— **Intermédiaire des recherches mathématiques.**

— *Journal de mathématiques pures et appliquées,* J 467.

— *Mémorial de l'artillerie française,* M 677 *bis.*

— *Nature* (*La*), N 52.

— **Oléagineux. Revue mensuelle des matières grasses.**

— *Presse française* (*La*).

— **Presse médicale (La)**, P 459.

— *Progrès médical* (*Le*), P 684.

— *République* (*La*) *moderne.*

— **Revue de médecine vavale.**

— *Revue de pathologie comparée et d'hygiène générale,* R 1166.

— *Revue des questions de défense nationale.*

— *Revue des ingénieurs hydrauliciens. La houille blanche,* H 133.

— *Revue générale des sciences pures et appliquées,* R 1362.

— *Revue scientifique illustrée,* R 1216.

— *Technique* (*La*) *moderne,* T 50.

SAINT-ÉTIENNE. — Société de l'industrie minérale : *Revue de l'industrie minérale,* R 1123.

SAINT-QUENTIN. — Société anonyme pour l'exploitation de l'Usine Cliff : *Assemblée générale ordinaire.*

STRASBOURG. — Union géodésique et géophysique internationale. Association de séismologie : *Publications du Bureau central séismologique international.*

— Université. Faculté des sciences : *Annales de l'Institut de physique du globe.*

— Id. Service de la carte géologique d'Alsace et de Lorraine : *Mémoires,* A 63.

TOULOUSE. — Faculté des sciences : *Annales*, A 909.

— Observatoire astronomique et météorologique : *Annales*, A 891.

TROYES. — Société académique d'agriculture, des sciences, arts et belles-lettres du département de l'Aube : *Mémoires*, M 575.

Autriche.

WIEN. — Akademie der Wissenschaften : *Denkschriften*, D 38.

Belgique.

BRUXELLES. — Académie royale de Belgique. Classe des sciences : *Bulletin*, B 895; *Mémoires*, M 450.

— Académie royale de médecine de Belgique : *Bulletin*, B 899; *Mémoires*, M 440.

— Musée royal d'histoire naturelle de Belgique : *Bulletin*, B 2016; *Mémoires*, M 576.

— Société belge de géologie : *Bulletin*, B 1178.

— Société royale zoologique : *Annales*, A 988.

— Union radioscientifique internationale : *Recueil des travaux de l'Assemblée générale*.

— Uuiversité. Institut zoologique Torley-Rousseau : *Recueil*, R 208^{1}.

LIÉGE. — Association des ingénieurs électriciens sortis de l'Institut électrotechnique Montefiore : *Bulletin scientifique*, B936.

— Société géologique de Belgique : *Bulletin; Mémoires*, M 534.

— Société royale des sciences : *Bulletin*, B 1738^{A}.

— Université, Institut de botanique : *Archives*, A 2116.

LOUVAIN. — Société scientifique de Bruxelles : *Annales*, A 1101; *Revue des questions scientifiques*, R 1252.

UCCLE. — Observatoire royal de Belgique : *Annales*, A 884; *Annuaire*, A 1315; *Bulletin astronomique*, B 852^{A}; *Bulletin séismique*, B 2490.

Bulgarie.

SOFIA. — Bibliothèque nationale; *Bibliographie bulgare; Nouvelles publications périodiques; Livres et nouveaux périodiques édités.*

— Central agricultural Research and control Institute : *Scientific Publications*.

— Chambre de culture nationale : *Bulletin*.

— Université. Faculté de médecine : *Annuaire*.

Danemark.

COBENHAVN (KOPENHAGUE). — Geodaetisk Institut : *Bulletin of the seismological station*, S 2403^{1B}; *Meddelelse*, G 219^{B}; *Skrifter* (*Mémoires*).

— Kgl. Danske Videnskabernes-Selskabs (Académie royale des sciences et des lettres) : *Biologiske Skrifter*, S 372; *Biologiske Meddelelser*, K 58^{1}; *Matematisk-fysiske Meddelser*, K 59; *Oversigt* (*Bulletin*), O 279.

— University, Zoological Museum : *The Danish Ingolf-Expedition*.

Espagne.

BARCELONE. — Institut d'estudis catalans : *XVII^e Cartell de premis.*
— Real Academia de ciencias y artes : *Boletim*, B 434; *Memorias*, M 693.
MADRID. — Direccion general de sanidad : *Revista de sanidad e higiene publica.*
— Institutos nacionales de fisica y quimica y la Real Sociedad española de fisica y quimica : *Anales de fisica y quimica*, A 689.
— Observatorio astronomico : *Anuario*, A 1908.
— Real sociedad española de fisica y quimica : Voir : Institutos nacionales de fisica.
— Real sociedad española de historia natural : *Boletin*, A 691.

Finlande.

HELSINGFORS. — Havsforskinstitutets (Merentutkimuslaitoksen) : *Skrift* (*Julkaisu*), M 735[1]
— Isostatic Institute of the International Association of Geodesy : *Publications.*
— Societas geographica fenniæ : *Acta geographica*, A 119[3]; *Fennia*, F 32.
— Societas scientarium fennica (Finska Vetenskaps Societeten) : *Acta*, A 139; *Arsbock* S 395[1]; *Bidrag till Kännedom af Finlands natur och Folk*, B 318; *Commentationes physico-mathematicae*, C 573 *bis*.
— Suomalainen Tiedeakatemia (Academia Scientiarum fennicæ) : *Annales*, S 750; *F. F. Communications*; *Index operum.*
— Suomen geologinen Toimikunta : *Bulletin de la Commission géologique de Finlande*, B. 1093 *bis; Suomen geologinen yleiskartta.*
— Vereins für finnische Volkskunde : *Mitteilungen.*
— *Annales medecinae experimentalis et biologiae fenniae.*

Grande-Bretagne.

BATH. — Nautical almanac Office : *The nautical almanac and astronomical ephemeris* N 73; *Tables for the depression and azymuth of the Sun.*
BRISTOL. — University. Agricultural and Horticultural Research Station : *The annua, Report.*
CAMBRIDGE. — Philosophical Society : *Biological Review*, P 536[1]; *Proceedings* P 536.
— Solar physics Observatory : *Annals*, A 1207.
— Union géodésique et géophysique internationale : *Report of the Union.*
— University : *Annual Report of the Observatories Syndicate.*
EDINBURGH. — Geological Society. *Transactions*, T 306.
— Royal Society : *Proceedings*. P 602.; *Transactions*, T 402; *Year Book.*
GLASCOW. — Royal philosophical Society : *Proceedings*, P 589.
GREENWICH. — Royal Observatory : *Report of the Astronomer Royal to the Board of visitors*, R 429.
HARPENDEN. — Rothamsted experimental Station : *Report for the years*, B 507[1A].
LONDON. — British aluminium Company : *Light metal Research; Light metals Review.*
— British Council : **British medical Bulletin; Bulletin médical britannique** (*édition française*) ; *Monthly Science News.*
— British interplanetary Society : *Annual Report and List of members; Bulletin Journal.*

— British scientific Instrument Research Association : *Bulletin.*
— Bureau of Abstracts : *British Abstracts.*
— Challengeur Society : Occasional papers,
— Chemical Society : *Journal,* M 601.
— Colonial Office. Discovery Committee : *Discovery Reports,* D 222[A].
— Geological Society : *Abstracts of the Proceedings; List,* L 112[1]; *Quaterly Journal,* Q 11.
— Institution of mechanical Engineers : *Applied mechanics; Journal,* J. 818[4]; *Proceedings,* P 560.
— International Council of scientific Unions : *Monthly Bulletin of information.*
— Linnean Society : *Journal* (*Botany, Zoology*), J 838; *Proceedings,* P 565.
— Meteorological Office : *Monthly Weather Report,* M 781.
— Ray Society : *Publications.*
— Royal astronomical Society : *Geophysical supplement; Memoirs,* M 608; *Monthly Notices,* M 1256; *Occasional Notes.*
— Royal geographical Society : *Geographical Journal,* C 231.
— Royal Institution of Great Britain : *Proceedings,* N 258.
— Royal Society : *Notes and Records; Obituary Notices of Fellows,* O 0[1]; *Philosophical Transactions,* P 225; *Proceedings,* A 72; *Record; Year Book,* Y 20.
— Royal Society of Medicine : *Proceedings,* P. 603.
— Stationary Office : *The nautical Almanac and astronomical Ephemeris,* N 73.
— *British medical Bulletin.*
— *Electrical Review,* T 76.
— *Endeavour.*
— *Nature,* N 51.

MANCHESTER. — Literary and philosophical Society : *Memoirs and Proceedings,* M 627.

Hongrie.

BUDAPEST. — Université. Institut de systématique de zoologie : *Fragmenta faunistica hungarica.*

Irlande.

DUBLIN. — Royal Dublin Society : *The Economic Proceedings,* E 113; *The scientific Proceedings,* J 845.
— Royal Irish Academy : *Minutes of Proceedings; Proceedings,* P 600.

Islande.

REYKIAVIK. — Societas scientiarum islandica : *Greinar* [*Publications*], S 395[3B].

Italie.

ASSO. — *Scienta,* R 1665.
BOLOGNE. — *Bolletino della Unione matematica italiana,* B 625[A].
BRESCIA. — *La nuova Notarisie. Revista di Algologia.*

CITTA DEL VATICANO. — Specola astronomica Vaticana : **Ricerche Astronomiche** (Publicazione minori).

FERRARE. — Accademia delle Scienze : *Atti*, M 704.

FIRENZE. — Istituto geografico militare : *l'Universo*, U 202.

MILANO. — R. Politecnico. Istituto di geodesia, topografia e fotogrametria : *Pubblicazioni*.

MODENA. — Reale accademia di scienze, lettere ed arti : *Atti e Memorie*, M 710.

NAPOLI. — Societa italiana di Biologia sperimentale : *Bolletino*, 618[1].

PADOVA. — R. Universita. *Rendiconti del Seminario matematico*, R 329[B].

PAVIE. — Universita. Istituto de chimica farmaceutica : *Il farmaco. Scienza e tecnica*.

PISE. — Facolta d'Ingegneria : *Pubblicazioni*, R 177 *bis*[1].
— R. Scuola normale superiore : *Annali*, A 1143.

PISTOIA. — Accademia medica pistoiense « Filippo Pacini » : *Bollettino*.

ROMA. — Association internationale de la presse médicale : *Bulletin bibliographique*.
— Consiglio nazionale delle Ricerche : *Ricerca scientifica e ricostruzione*, B 567[A].
— Food and agriculture organization of the United Nations : **Alimentation et agriculture; Bulletin européen de la F. A. O.**
— Institut international d'agriculture : *Revue internationale d'agriculture*, B 1902.
— Istituto superiore di Sanita : *Rendiconti*.
— Ministero dell' agricoltura e delle foreste : Direzione generale della produzione agricola : *Annali delle sperimentazione agraria*, A 1448[A].
— Reale Accademia d'Italia. Centro studi par l'Africa orientale italiana [*Pubblicazione*].
— Societa italiana delle scienze detta dei XL : *Memorie*, M 717.

TORINO. — Reale Accademia delle scienze : *Atti*, A 2547; *Memorie*, M 949.

TRIESTE. — Istituto geofisico : *Publicazioni*.
— *Tecnica italiana*.

VENEZIA. — Istituto veneto di scienze, lettere ed arti : *Atti*, A 2571.

Luxembourg.

LUXEMBOURG. — Institut grand ducal : *Archives*, S 484.

Monaco.

MONACO. — Amis (Les) du musée océanographique : *Bulletin trimestriel*.
— Institut océanographique : *Bulletin*, B 2015.
— Musée océanographique : *Résultats des campagnes scientifiques accomplies sur son yacht par Albert Ier, Prince souverain de Monaco*.

Norvège.

BERGEN. — Chr. Michelsens Institut for Videnskap og Åndsfrihet : *Beretnninger*.
— Museum : *Årbok*, B 118 *bis*; *Årsberetning*, B 118 *bis*; *Skrifter*, B 119.

OSLO. — Magnetiske Byra et Norges Sjokartwerk : *Jordmagnetiske Publikasjoner*.
— Norske videnskaps-Akademi : *Astrophysica Norvegica*, A 2490[1A]; *Geofysiske Publikasjoner*, G 221 *bis*.
— Norwegische meteorologische Institut : *Jahrbuch*, N 214.

Pays-Bas.

AMSTERDAM. — Koninklijke Nederlandsche Akademie van Wetenschappen : *Jaarboek; Proceedings; Proceedings of the Section of Sciences*, K 81 ; *Verhandelingen*, V 25.
— Office international pour la protection de la nature : *Report of the years.*
— Wiskundig Genootschap : *Nieuw archief voor Wiskunde; Wiskundige op gaven met de oploosingen.*
— **Excerpta medica (Endocrinology; Surgery).**
GRONINGEN. — Kapteyn astronomical Laboratory : *Publications.*
HAARLEM. — Musée Teyler : *Archives*, A 2162.
— Société hollandaise des sciences : *Archives néerlandaises de phonétique expérimentales*, A 2184[A]; *Archives néerlandaises des sciences exactes et naturelles*, A 2185.
— Société néerlandaise de zoologie; *Archives néerlandaises de zoologie*, A 2184[B].
— Teyler's godgeleerd Genoptschap : *Verhandelingen rakende den natuurlijken en geopenbaar den Godsdienst.*
— Teyler's Tweede Genootschap : *Verhandelingen.*
LEIDEN. — Sterrewacht : *Annales.*
— University. Astronomical Institute : *Publications.*
— Id. Kamerlingh Onnes Laboratory : *Communications*, C 606.
S GRAVENHAGE. — Koninklijk nederlandsch meteorologisch Instituut : *Ergebnisse aerologische Beobachtung*, E 333; *Jaarboek*, M 816; *Magnetische Waarnemingen; Mededeelingen en Verhandelingen; Seismic Records at de Bilt*, S 272.
— *Physica*, P 304[B].

Pologne.

CRACOVIE. — Académie polonaise des sciences et des lettres : *Biblijoteka Pisarzow Polskich; Bulletin international*, B 2196; *Prace Komisii jezykowej*, M 127; *Rocznik*, R 1706; *Starunia*, P 345[C].
— Société polonaise de mathématiques : *Annales*, A 997[1].
KATOWICE. — Centralny zarzad przemyslu hutniczego : *Hutnik.*
POZNAN. — Société des amis des sciences : *Bulletin*, B 1526[A]; *Prace komisji matematyczno-przyrodniczej; Prace monograficzne; Sprawozdania.*
PULAWY. — Institut national polonais d'économie rurale : *Biblioteka pulawska; Pamietnik (Mémoires)*, P 27[1].
WARSZAWA. — Institut d'astronomie pratique de l'École polytechnique : *Publications*, Z 5[A].
— Service hydrologique : **Bulletin**, P 31[B].

Portugal.

COIMBRA. — *Noticias farmaceuticas*, N 259[A].
LISBOA. — Biblioteca da Sociedad farmacêutica lusitana : *Catalogo geral (omnomastico).*
— Faculdade de ciênsias : *Portngaliae mathematica;* **Portugaliae physica.**
— Instituto bacteriologico Camara Pestana : *Arquivos*, A 2118.
— Universidade. Museu e laboratorio mineralogico e geologico : *Boletim*, B 406 *bis*[A].
PORTO. — Associacão da Filosofia natural : *Boletim.*
SETUBAL. — *A Previsão do tempo.*

Roumanie.

BUCURESTI (BUCAREST). — Académie roumaine : *Bulletin de la Section scientifique*, B 1147.
— Societati « Gazeta matematica » : *Gazeta matematica*, G 56.
JASSY. — École polytechnique : **Bulletin**.
— Université : *Annales scientifiques*, A 1121.

Suède.

GÖTEBORG. — Chalmers tekniska Högskolas : *Handlingar*.
— Kungl-Vetenskaps-och Vitterhets-Samhälles : *Bihang*, B 330[A]; *Handlingar*, B 374.
STOCKHOLM. — Fondation Nobel : *Les prix Nobel*, P 483.
— International Botaniska Kongressen : *Circulaire*.
— K. Svenska Vetenskaps Akademiens : *Arkiv för Botanik*, B 331; *Arkiv för Kemi, Mineralogi och Geologie*, B 331; *Arkiv för Matematik, Astronomi och Fysik*, B 331; *Arkiv för Zoologi*, B 331; *Årsbok*, K 67; *Bilaga; Handlingar*, S 775; *Skrifter*, K 67[1].
— Observatorium : *Annaler* (*Astronomiska iakttagelser och undersökningar à Stockholms observatorium*), A 2490.
— Sveriges geologiska undersökning : *Årsbok*, S 776 *bis*; *Årsberättelse; Avhandlingar och uppsater; Kartblad*.
— *Acta mathematica*, A 126.
— *Acta zoologica*, A 142.
— *Naturwissenschaftliche Untersuchungen des Sarekgebirges in Schwedisch-Lappland*, N 65.
UPPSALA. — Regiæ Societatis Scientiarum Uppsaliensi (Kungl. Vetenskaps-Societeten) : *Årsbok*, A 2324; *Nova acta*, A 125.
— Université. Anatomische Institut : *Läkareförenings Förhandlingar*, U 212.
— Id. Geological Institution : *Bulletin*, B 2364.
— Id. Meteorologiska Institutionen : *Meddelande*, M 174.
— Id. Observatoire : *Bulletin mensuel*, B 2318; *Meddelande*, M 161[1A]; *Observations séismographiques*, O 81.
— *Zoologiska Bidrag från Uppsala*, Z 218.

Suisse.

BÂLE. — Académie suisse des sciences médicales : *Bulletin*.
— Société de chimie helvétique : *Helvetica chimica acta*, H 52.
— Société helvétique des sciences naturelles. Commission géologique et Commission géotechnique : *Catalogue des publications*.
— Université. Bibliothèque : *Catalogue des écrits académiques suisses*, C 97.
— *Journal suisse de médecine*.
— *Médizin Psychologie-Naturwissenchaften*.
BERNE. — Bibliothèque nationale suisse : *Catalogue*.
GENÈVE. — Observatoire : *Publications*, O 29.
— Société de physique et d'histoire naturelle : *Comptes rendus des séances*, C 665.

— Sociétés de la Croix-Rouge : *Revue internationale de la Croix-Rouge* (*Bulletin international*), B 2200.
— *Archives des sciences physiques et naturelles,* B 313.
— *Chronique de l'organisation mondiale de la santé.*
— *Journal de chimie physique. Voir* PARIS : Société de chimie physique.
— *Tous les livres. Catalogue général des livres de langue française publiés en Suisse.*

LAUSANNE. — Société helvétique des sciences naturelles : *Mémoires,* D 37.
— Société vaudoise des sciences naturelles : *Bulletin,* B 1862; *Mémoires,* M 558[1].
— *Microtecnic. Revue universelle de la mesure du contrôle de l'optique et de la mécanique de précision.*

ZURICH. — Eidgenössische Sternwarte : *Astronomische Mitteilungen,* M 1066; *Publikationen,* P 812.
— Id. International Astronomical Union : *Quarterly Bulletin on Solar Activity.*
— Schweizerische meteorologische zentral Anstalt : *Annalen,* S 165.
— Station centrale suisse de météorologie : *Année polaire internationale.*

Tchécoslovaquie.

BRNO. — Université Masaryk. Faculté des sciences : *Publications* (*Spisy*), S 558.

PRAHA. — Académie tchèque des sciences et des arts : *Bulletin international,* B 2197.
— Czechoslovak astronomical Society : *Memoirs and observations.*
— Jednota ceskoslovenskijch matematiků a fysiků (Comité de l'Union tchécoslovaque des mathématiciens et des physiciens) : *Casopis pro Pestovani matematiky a fysiky,* C 89.
— Masarykovy Akademie : *Sbornik,* M 123[1].
— Observatoire national : *Publications,* P 833[1].
— Sternwarte : *Veröffentlichungen.*

Turquie.

ISTAMBOUL. — Université. Faculté des sciences : *Revue* (*Istambul üniversitesifen fakültes mecmuasi*), I 384[B].

Union des Républiques Soviétiques Socialistes.

EREVAN. — Académie des sciences d'Arménie : *Proceedings* (*Dokladi*).

KARKOV. — *Questions médicales.*

KIEV. — Académie des sciences de l'Ukraine : *Visti,* P 622[B].
— Id. Institute for botanique : *Journal botanique,* J 653.
— Id. Institute for chemistry : *Memoirs* (*Zapiski*).
— Id. Institute for clinical physiology : *Medical Journal.*
— *Kalendar-dovidink.*

LÉNINGRAD. — Académie des sciences. Institut de botanique Komarov [*Publications*].
— Institut des mines : *Annales,* A 868[4,A].
— Université d'État : *Mémoires scientifiques* (*séries des sciences biologiques, chimiques, géographiques, géologo-pédologiques, mathématiques, naturelles*).

Moscou. — Académie des sciences : *Publications (séries biographiques, monographiques, sciences populaires, sciences classiques)*; *Vestink (Messager)*; *Zoologitshesky Journal.*

— Id. Classe des sciences mathématiques et naturelles : *Comptes rendus (Doklady)*, C 628

— Institut central d'embryologie : *Publications.*

— Institut de botanique Komarov : *voir* Léningrad.

— Institut industriel de l'Oural : *Travaux.*

— Institut zoologique : *Publications, Tableaux analytiques de la faune de l'U. R. S. S. Travaux de la faune de l'U. R. S. S.*

— Société des naturalistes : *Bulletin (séries biologique, géologique)*, B 1629; *Matériaux pour l'étude de la faune et de la flore de l'U. R. S. S. (sections biophysique, botanique, géologique, zoologique)*; *Nouveaux Mémoires*, M 538.

— Université d'État. Voir Léningrad.

— *Recueil mathématique*, R 255.

Tashkent. — Universitatis Asiae mediae : *Acta (Nova series, Mathematica)*, A 140[2A].

Tlibissi. — Academy of sciences of the georgian S. S. R. : *Bulletin.*

— Id. Institut géophysique : *Bulletin séismique trimestriel*, B 2530[A].

Yougoslavie.

Beograd. — Observatoire astronomique : **Publications.**

Zagreb. — Hrvatske akademije znanosti i umjetnosti (Académie croate [yougoslave] des sciences et des arts) : *Ljetopis*, L 128; *Rad*, R 6; *Znanstvena djela za opcunaobrazbu*, D 230.

— Id. Classe des sciences mathématiques et naturelles : *Bulletin international.* I 430[1].

— Poljoprivredna Nakloda : *Poljodjelska znanstvena smatra (Revisio scientifica agriculturae)*.

— Societas scientiarum naturalium croatica : *Arkiv za Kemiju.*

— Société croate de chimie; *Bulletin (Kemijski vjestnik)*.

— *Revisio scientifica agriculturae (Poljoprwredna znanstvena Smotra)*.

ASIE.

Chine.

Chungking (Szechuan). — Geological Society of China : *Bulletin*, B 2365[1].

Peiping. — Chinese chemical Society : *Journal*, J 799[3A].

Shanghaï. — Science Institute : *Journal (Studies from the Departement of Bacteriology; of Biology)*, J 851[A].

Zi-Ka-Wei. — Observatoire : *Bulletin sismique; Revue mensuelle.*

Zô-Sé. — Observatoire astronomique : *Annales*, A 881.

Indes anglaises.

Annamalainagar et Madras. — Service of Students and Teachers of mathematics : *The mathematics Student*, M 138 *bis*[A].

BEGUMPET. — Nizamiah Observatory : *Hyderabad astrographic Catalogue.*
BÉNARÈS. — Indian Museum : *Memoirs*, M 625; *Records*, R 196.
— Zoological Survey of India : *Report*, A 1823.
CEYLON. — Colombo Museum : *Spolia zeylanica*, S 560.
— *Ceylon Journal of science*, C 198[1].
DELHI. — National Institute of sciences of India : *Proceedings*, P 574[A]; *Report of the Council.*
KODAIKANAL. — Observatory : *Bulletin*, K 49; *Report*, A 1713.
MADRAS et POONA. — Indian mathematical Society : *Journal*, J 818.

Indochine.

LAÏ-KHÊ. — Institut des Recherches sur le caoutchouc en Indochine : *Cahiers I. R. C. I.*

Japon.

MIZUSAWA. — *Results of the international latitude service*, R 604[A].

Liban.

BEYROUTH. — École française d'ingénieurs : *Publications techniques et scientifiques.*
— Service météorologique : *Bulletin mensuel*, B 2034[1]; *Climatologie aéronautique.*
— *Revue médicale du Moyen-Orient.*
KSARA. — Observatoire : *Annales*, A 885[1].

Palestine.

TEL-AVIV. — Independent biological Laboratories : *Bulletin, Publications.*

AFRIQUE.

Afrique Équatoriale française.

— Gouvernement général de l'Afrique Équatoriale française : **Bulletin du Service des Mines**; *Carte géologique de reconnaissance.*

Afrique Occidentale française.

DAKAR. — Gouvernement général de l'A. O. F. : *Carte géologique de reconnaissance.*
— Institut français d'Afrique Noire : *Mémoires.*

Algérie.

ALGER. — Institut Pasteur d'Algérie : *Archives*, A 2116[3].
— Service d'information du gouvernement général de l'Agérie. Station maritime de l'Université : *Documents algériens. Recherche scientifique.*
SÉTIF. — Observatoire Jarry-Desloges : *Observations des surfaces planétaires.*

British South African.

BLOEMFONTEIN. — Lamont-Hussey Observatory of the University of Michigan : *Publications*.

CAPE OF GOOD HOPE. — *Report of H. M. Astronomer at the Cape of Good Hope to the Secretary of the Amiralty*, R 424.

Congo belge.

LÉOPOLDVILLE. — Service géologique : *Bulletin*.

Égypte.

CAIRO. — Egyptian Academy of sciences : **Proceedings**.

— Egyptian University. Faculty of sciences : *Annual Report; Bulletin*, E 139[A]; *Prospectus for the academy year*, E 139[B].

— Institut d'Égypte : *Bulletin*, B 1016; *Mémoires*, M 590.

Madagascar.

TANANARIVE. — Académie Malgache : *Bulletin; Mémoires*, M 450[1].

Maroc.

CASABLANCA. — *La terre marocaine*, T 92[1].

Réunion (Ile de la).

SAINT-DENIS. — *Revue agricole de l'Ile de la Réunion*, R 950 *bis*.

Tanganyika Territory.

DODOMA. — Department of Lands and Mines. Geological Division : *Bulletin*.

Tunisie.

SALAMMBÔ. — Station océanographique : *Annales; Brochure; Bulletin*, S 594[3]; *Notes*, S 594[3].

TUNIS. — Direction des affaires économiques. Service botanique et agronomique : *Annales; Bulletin*.

— Direction des travaux publics : *Annales des mines et de la géologie*.

— Institut Pasteur : *Archives*, A 2117.

AMÉRIQUE

Argentine.

BUENOS-AIRES. — Academia nacional de ciencias exactas, fisicas y naturales : *Anales*, A 675[1A].

— Academia nacional de medicina : *Anales del Instituto de investigaciones fisicas aplicadas a la patologia humana.*

— Ministerio de agricultura de la Nacion. Direccion general de Investigaciones : **Revista de investigaciones agricolas.**

— Ministerio de justicia e instruccion publica de la Nacion. Comision nacional de cooperation intelectual : *Boletin bibliografico argentino.*

— Museo argentino de ciencias naturales « Bernardino Rivadavia » : *Anales.*

— Sociedad argentina de ciencias naturales : *Physis*, P 324.

— Sociedad cientifica argentina : *Anales*, A 687.

— Universidad. Facultad de ciencias exactas, fisicas y naturales : *Publicaciones*, U 105 *bis*[1B], B 525[1A].

— *Boletin matematico*, B 534[1].

LA PLATA. — Universidad nacional. Facultad de ciencias fisico matematicas : *Boletin, matematico; Publicaciones* (*Revista; Publicaciones especiales*), U 113.

— Id. Facultad de quimica y farmacia : *Revista de la facultad de ciencias quimicas.* R 753.

— Id. Observatorio astronomico. Serie astronomica : *Publicaciones*, P 800 *bis*.

PARANA. — Museo de Entre Rios : *Memorias*, M 700[A].

ROSARIO. — Universidad nacional del Litoral. Facultad de ciencias matematicas, fisico-quimicas y naturales aplicadas a la industria : *Publicaciones* (*Series Conferencias y textos; Serie tecnico-cientifica; Serie Universitaria*).

— Id. Instituto de estabilidad. *Publications.*

— Id. Instituto de matematica : *Boletin; Mathematicae notae; Publicationes.*

TUCUMAN. — Universidad nacional. Facultad de ciencias exactas, puras y aplicadas : *Revista.*

Brésil.

BAHIA. — Faculdade de medicina : *Anais.*

RIO-DE-JANEIRO. — Academia brasileira de ciencias : *Anais*, A 748[A].

— Instituto Vital Brazil : *Boletim*, B 406[5].

— Observatorio national : *Anuario*, A 1868; *Boletim magnetico*, B 410 *bis*[1]; *Boletim seismologico*, B 2489[4].

— Sociedade de geografia : *Revista*, B 396.

— *Biologia medica.*

SAO-PAULO. — Museo paulista : *Anais*, A 752[2].

— Secretaria da agricultura industria e comercio : *Arquivos de zoologia do estádo de São-Paulo; Papeis avulsos do departamento de zoologia.*

Canada.

BEAUHARNOIS (QUÉBEC). — Saint-Lawrence Alloys and Metals limited : *Booklet; Control methods for the Iron Foundry; Saint-Lawrence Data Sheet.*

HALIFAX. — Nova Scotian Institute of Science : *Proceedings*, P 493.

LA TRAPPE. — Institut d'Oka : *Contributions.*

MONTRÉAL. — Jardin botanique : *Annales de l'A. C. F. A. S.* (*Association canadienne française pour l'avancement des sciences*), A 864^A.

— Université : *Annuaire général*, A 1328; *Revue canadienne de biologie.*

— *Revue trimestrielle canadienne*, R 1583.

OTTAWA. — Canadian Patent Office : *Record and Register of Copyrights and Trade Marks*, C 66.

TORONTO. — Royal Canadian Institute : *Proceedings*, C 63; *Transactions*, C 63.

VICTORIA. — Department of Mines and Resources. Dominion astrophysical Observatory : *Publications* P 856.

Chili.

CONCEPCIÓN. — Sociedad de Biologia : *Boletin*, B 465^B.

SANTIAGO. — Universidad. Facultad de biologia y ciencias medicas. Instituto de biologia : **Trabajos (Biologica).**

Colombie.

BOGOTA. — Academia colombiania de ciencias exactas, fisicas y naturales : *Revista*, R 747^A,

— *Universidad nacional de Colombia.*

Cuba.

LA HABANA. — *Kuba, Revista de Medicina tropical y Parasitologia* (*Bacteriologia, Clinica y Laboratorio*), B 787 *bis*^1A.

— *Universidad de La Habana.*

Etats-Unis.

ALBANY. — University of the State of New-York. N. Y. State Museum : *Bulletin*, B 2397 *bis; Memoirs*, M 635.

ANN ARBOR. — University of Michigan. Museum of Paleontology : *Contributions.*

— Id. Museum of Zoology : *Miscellaneous Publications*, U 160^1; *Occasional Papers*, O 121.

— Id. Observatory : *Publications*, D 149.

BALTIMORE. — Johns Hopkins University : *American Journal of Mathematics*, A 598; *Circular*, J 274.

BERKELEY. — University of California : *Anthropological Records; Bulletin of the department of geological Sciences*, U 149.

BLOOMINGTON. — Indiana University : *Publications of the Kirkwood Observatory.*

BOSTON. — American Academy of arts and sciences : *Memoirs*, M 603; *Proceedings*, P 500.

BOULDER. — University of Colorado : *Bulletin*, C 106.

CAMBRIDGE. — Harvard College Observatory : *Annals*, A 1192; *Annual Report of the Director*, A 1714; *Harvard Reprint*.

CHARTOTTESVILLE. — University of Virginia : *Publications of the Leander Mc Cormick Observatory*, P 864.

CHICAGO. — Field Museum of Natural History puis Natural History Museum : *Annual Report*, A 1714[1]; *Fieldiana* (*Anthropology, Botany, Geology, Zoology*), *Fifty years of progress* (*News*); *Leaflet* (*Anthropology, Botany*), F 57[1]; *Publications* (*Anthropological Series, Botanical Series, Geological Series, Zoological Series*), F 57.

CLEVELAND. — *Steel, the magazine of metalworking and metalproducing*, I 375[A].

COLUMBIA. — University of Missouri : *Studies*, U 175[1].

EASTON. — American chemical Society : *Journal* J 780,

GENEVA. — N. Y. State agricultural experimental Station. Cornell University : *Annual Report*. N 142; *Bulletin*, N 158[A]; *Technical Bulletin*, N 143.

LINCOLN. — University of Nebraska : *Studies*, U 201.

MORGANTOWN. — West Virginia University. Southern Appalachian Botanical Club : *Castanea* (*Journal*).

MOUNT HAMILTON. — University of California. Lick Observatory : *Bulletin*, L 81.

MOUNT WILSON. — Carnegie Institution of Washington. Mount Wilson Observatory : *Annual Report of the Director*, R 461; *Communications to the national Academy of sciences*, C 617; *Contributions*, C 76.

NEW-HAVEN. — American astronomical Society : *The astronomical Journal*.

— Connecticut Academy of arts and Sciences : *Transactions*, T 300.

NEW-YORK. — Academy of Sciences, *Annals*, A 1200; *Transactions*, T. 371.

— American mathematical Society : *Transactions*, T 252.

— American physical Society : *Physical Review*, P 307.

— American Society Legion of honor : *Magazine*.

— Columbia University : *Bulletin of informations*.

— École libre des Hautes Études : *Renaissance*.

— International Institute for sex-economy and orgone-research : *International Journal of sex-economy and orgone research*.

— New School for social Research : *Écoles libres des Hautes Études*.

— Viking Fund : *Publications in anthropology*.

— *Alcmeone. Journal of history of medicine*.

— *Chronique de l'organisation mondiale de la santé*.

PHILADELPHIA. — Academy of Natural Sciences : *Monographs*, A 104[A]; *Notulae naturae; Proceedings*, P 498.

— American philosophical Society : *List of papers and books...*, *Memoirs*, M 606[A]; *Proceedings*, P 506; *Transactions*, T 258; *Year Book*.

— Chilton Co : *The iron age*, H 28.

PORTLAND — Society of natural history : *Proceedings*, P 593.

PRINCETON — University : *Bicentennial Conferences*.

— Id. Observatory : *Contributions*, C 997.

SAINT-LOUIS — Academy of Sciences : *Transactions*, T 232.

WASHINGTON. — Carnegie Institution. Department of Terrestrial magnetism : *Annual Report of the Director*, D 131; *List of Publications* [*Publications*].

— Id. Mount Wilson Observatory : *Voir* MOUNT WILSON.

— Department of Agriculture : *Journal of agricultural Research*, J 718; *Technical Bulletin*, U 80[1].
— Department of Commerce. Bureau of Standards : *Handbook*, U 82[B]; *Journal of Research*, B 2551[1]; *Miscellaneous Publications*, D 119.
— Department of State : *Publications* [*International control of atomic Energy*].
— Department of the Interior. Geological Survey : *Bulletin*, B 2046; *Professional Papers*, U 86; *Publications; Water Supply Papers*, W 7.
— Library of Congress : *Annual Report of the Librarian*, L 79.
— National Academy of Sciences : *Proceedings*, P 574.
— U. S. Naval Observatory. Nautical Almanac Office : *The american ephemeris and nautical almanac* A 584; *U. S. Navy time service*.
— Smithsonian Institution : *Annual Report of the Board of Regents*, A 1674; *Smithsonian miscellaneous Collections*, S 381; *War Beckground Studies*.
— Id. Astrophysical Observatory : *Annals*, A 1193.
— Id. National Museum : *Bulletin*, B 2407; *Proceedings*, P 612; *Reports*, R 553.

YONKERS. — *Powder metallurgy Bulletin*.

Mexique.

MEXICO. — Sociedad mexicana « Amigos de las orquideas » : **Orquidea**.
— Universidad nacional autonoma. Instituto de geologia : *Anales; Boletim*.

Pérou.

LIMA. — Academia nacional de Ciencias exactas, fisicas y naturales : *Actas*.
— Sociedad de Ingenieros del Peru : *Informaciones y memorias*, I 169.
— Sociedad national de mineria del Peru : *Boletin*.
— Universidad Major de San Marcos. Faculdad de ciencias biologicas, fisicas y matematicas : *Revista de ciencias*, R 721 *bis*.

Uruguay.

MONTEVIDEO. — Facultad de Ingenieria. Instituto de matematica y estadistica : **Publicaciones**.

Vénézuela.

CARACAS. — Colegio de ingenieros de Venezuela : *Revista*, R 803[1].

OCÉANIE.

Australie.

ADELAÏDE. — Hospital : *The Medical and Scientific Archives*, M 289[1].
— The Institute of medical and veterinary science : *Annual Report of the Council; Collected Papers*.

— University : *The australian Journal of experimental Biology and medical science*, A 2589[1].

BRISBANE. — University of Queensland : *Papers* (*Departments of Geology, Biology, Chemistry*).

SYDNEY. — Observatory : *Astrographic Catalogue; Astronomical Results; Double Star Results; Papers.*

— Royal Society of New South Wales : *Journal and Proceedings*, T 390.

Indes Néerlandaises.

BANDOENG. — Dienst van den Mijnbouw in Nederlandsch-Indië (Service géologique) : *Bulletin of the Netherlands Indies vulcanological Survey*, B 2392[1]; *Vulkanologische en seismologische mededeelingen*, V 262[2]; *Wetenschappelijke mededeelingen*, W 43[1]; *Yaarboek van het Mijnwezen in Nederlanch-Indie*, J 7.

BATAVIA — Koninklijk Magnetisch en Meteorologisch Observatorium : *Observations made at secondary Stations; Seismological Bulletin.*

Id. Department van Verkeer en Waterstaat. Meteorologische en Geophysische Dienst : *Verhandelingen.*

BUITENZORG. — Koninklijke Natuurkundige Vereeniging in Nederlandsch-Indië : *Chronica naturae Natuurkundig*, puis *Natuurwetenschappelijk Tijdschrift voor Nederlandsch-Indie*, N 70.

— S' Lands Plantentuin (Institut scientifique de Buitenzorg) : *Treubia.*

COMPTES RENDUS

DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

TABLES ALPHABÉTIQUES.

JUILLET — DÉCEMBRE 1947.

TABLE DES MATIÈRES DU TOME 225.

I. — PARTIE SCIENTIFIQUE.

A

B

C

D

E

F

G

H

I

J

K

L

M

N

O

P

Q

R

S

T

U

V

W

X

Z

II. — PARTIE ACADÉMIQUE.

A

B

C

D

E

F

H

J

M

N

O

P

S

U

V

TABLE DES AUTEURS.

A

B

C

D

E.

F

G

H

I

J

K

L

M

N

O

P

Q

R

S

T

U

V

W

Y

Z

GAUTHIER-VILLARS, IMPRIMEUR-LIBRAIRE DES COMPTES RENDUS DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.
136055 Paris. — Quai des Grands-Augustins, 55.